CRYPTOGAMIE

ALGOLOGIE

TOME 5 Fascicules 2-3. 1984

LABORATOIRE DE CRYPTOGAMIE
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
12 RUE DE BUFFON, 75005 PARIS



PUBLICATION TRIMESTRIELLE SUBVENTIONNÉE PAR LE CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ABONNEMENTS A CRYPTOGAMIE · ALGOLOGIE

Tome V, 1984

France .... 210 F
Étranger .... 230 F

Tome VI, 1985

France .... 225 F
Étranger .... 250 F

Règlement :

– par virement postal à l'ordre de *Cryptogamie · Revue Algologique*,
– par chèque bancaire établi au même ordre.

adressé à :

Cryptogamie - Algologie
12, rue de Buffon, 75005 Paris
C.C.P. : Paris 14 522 31 T

Éditeur A.D.A.C.

CRYPTOGAMIE

ALGOLOGIE

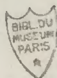
TOME 5 Fascicules 2-3. 1984

Anciennement REVUE ALGOLOGIQUE

Fondée en 1922 par P. ALLORGE et G. HAMEL

Directeur-Rédacteur : P. BOURRELLY

SOMMAIRE



CRYPTOGAMIE : ALGOLOGIE

Tome V, Fasc. 2-3, 1984

CONTENTS

GROWTH OF *ANABAENA* STRAINS (CYANOPHYCEAE) EXPOSED TO CROSSED GRADIENTS OF LIGHT AND TEMPERATURE

B.K. STULP[1], S.A. BOS[2], H. STENVELD[2] and W.T. STAM[2]*

ABSTRACT. — A device to test *Anabaena* strains under a crossed gradient of light intensity and temperature is described. Different strains of one and the same species produced similar growth patterns during crossed gradient culturing. Growth patterns of strains belonging to different species were similar in some strains but different in most strains.

The results are discussed with regards to the taxonomy and ecology of the species investigated.

KEY-WORDS : *Anabaena*, growth, light and temperature, crossed gradient.

INTRODUCTION

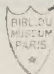
General morphology and akinete germination patterns of a number of *Anabaena* strains in culture were described by STULP & STAM (1982). This study led to the conclusion that with those morphological criteria which are traditionally used in *Anabaena* taxonomy, the strains involved could be identified as representatives of six different species described earlier (GEITLER, 1932). Incubation of the strains under different light and temperature conditions hardly affected these taxonomic important morphological characters (STULP, 1982).

The present paper deals with growth of *Anabaena* strains under such conditions with the aid of a so-called light/temperature crossed gradient plate. For establishing growth responses of microalgae, such a plate is a very useful tool. Algae are grown on a surface that is submitted to a gradient of light intensities in one direction and a temperature gradient in a direction perpendicular to the first.

1. Department of Biology, The Florida State University, Tallahassee, Florida 32306, USA.

2. Department of Marine Biology, Biological Centre of the University of Groningen, P.O. Box 14, 9750 AA Haren, The Netherlands.

* Author to be addressed to for reprint requests.



Crossed gradient plates have been described by HALLDAL & FRENCH (1956, 1958) and EDWARDS & VAN BAALEN (1970). They report successful applications : strains of unicellular Cyanophyceae and Chlorophyceae produced reproducible growth patterns. The number of reports about culturing filamentous blue-green algae on crossed gradients is very small. According to HALLDAL et al. (1957) it is very difficult to inoculate gradient plates adequately with these algae . In the present paper modifications of the gradient plate and the method of inoculation are described. The modified gradient plate allowed the establishment growth patterns in *Anabaena*.

Table 1. Main features of the Anabaena strains used

Morphological group	Strain number	Species name	Trichome architecture[a]
1	1609 1611 1403/2a	A. cylindrica	
2	377 1403/4b	A. variabilis	
3	1613 1618 103	A. cf. subtropica	
4	1619	A. cf. verrucosa	
5	1403/13a	A. cf. flos-aquae	
6	1616	A. sphaerica	
7	1823	A. randhawae	
8	106	A. torulosa	

[a] Relatively small cells are vegetative cells, relatively great cells, mostly with deviating forms, are akinetes. Heterocysts are marked with one black spot situated at each cross wall.

MATERIAL AND METHODS

Strains

The majority of the used strains (table 1) have been described before (STULP, 1982). Newly added strains are : strains 1823, 103 and 106. Strain 1823 (obtained from the Culture Collection of Algae at the University of Texas; STARR, 1964, 1978) was originally isolated by VENKATARAMAN (1958) from rainwater puddles in New Delhi (India) and designated as *Anabaena randhawae* spec. nov.

Strains 103 and 106 were isolated by the first two authors from fresh-water habitats in the vicinity of the city of Groningen (The Netherlands). Isolates from these two strains were obtained by means of combinations of general methods like dilution, micro manipulation and spray plating, and those methods particularly developed for motile and akinete producing blue-green algae (VAARA et al., 1979; WIERINGA, 1968). When identified with GEITLER (1932) strain 103 more or less fits in the description of *A. subtropica* Gardner, although small differences in cell dimensions with regard to strains 1613 and 1618 are obvious (table 1, STULP & STAM, 1982). Strain 106 very well fits in the description of *A. torulosa* (Carm.) Lagerh.

Crossed gradient plate

Detailed descriptions of gradient plates are given by HALLDAL & FRENCH (1956) and EDWARDS & VAN BAALEN (1970). In the description of the gradient plate used here special attention will be given to its modifications. Numbers in the description refer to fig. 1.

The algae are grown on a 7 mm high agar surface (800 ml BG-11 medium (RIPPKA et al., 1979) solidified with 2 % agar) in a growth chamber (1) consisting of a glass ground plate (330 x 295 mm) and perspex walls (20 mm high).

The temperature gradient in the agar is obtained as follows : an aluminium plate (2) (400 x 400 x 20 mm) is heated at one end and cooled at the other end by liquids from thermoregulated waterbaths, circulating through holes drilled in the left and right side of the plate. In this way a smooth temperature gradient is obtained in the aluminium plate. As the growth chamber is placed directly on this plate it obtains, by conduction, a temperature gradient as well. The actual temperature at the agar surface can be monitored by means of thermo-couples (3) connected to a recorder (4). The temperature range obtained in this way was from 11°C to 45°C (± 0.1°C).

The light intensity gradient was obtained as follows : two cool white fluorescent light tubes (Philips 40W 33RS) (5) were fitted 110 mm above the backside of the gradient plate. This position results automatically in a decreasing gradient from backside to frontside. This gradient was steepened by placing a sheet of photographic film (6) as large as the culture chamber, and with a continuous gradient from completely translucent at the backside to completely black at the frontside, over the gradient plate lid. The light intensities at the site of the agar surface ranged from 98 $\mu E\ m^{-2}\ s^{-1}$ to 0.6 $\mu E\ m^{-2}\ s^{-1}$ (4500 - 25 lx).

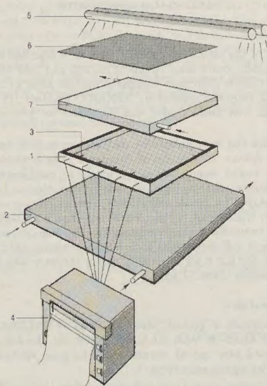


Fig. 1. – Exploded view of the crossed gradient apparatus showing the main parts. 1. Growth chamber, 2. Aluminium plate, 3. Thermocouples, 4. Recorder, 5. Light tubes, 6. Shaded sheat of film, 7. Lid. Small arrows indicate cold liquid circulation, large arrows hot liquid circulation.

To prevent excessive evaporation, which is likely to occur in the high temperature regions of the agar during the time of culturing (the algae were incubated for one week) the growth chamber had to be closed by a lid. This lid consisted of a translucent flat box (7) which was connected to the hot water circuit of the gradient plate. Condensation of water evaporated from the agar on the underside of the lid prevented this way. Foam rubber strips between lid and growth chamber allowed sufficient gas exchange between the growth chamber and the air outside.

Inoculation procedure

The agar surface was inoculated with 2-4 ml of a homogenized fast growing culture by means of a papillary spray (WIEDEMAN et al., 1964). This inoculation method was discussed by HALLDAL & FRENCH (1958) but appeared to be highly successful for *Anabaena* strains.

RESULTS

Light and temperature characteristics of the gradient plate are shown in fig. 2. The temperature gradient is linear. The light intensity is not linear, however the lines connecting spots of equal light intensity are parallel too.

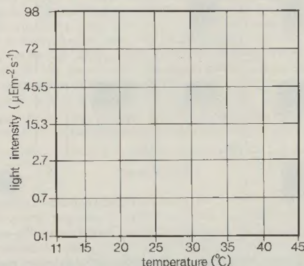


Fig. 2. — Light- and temperature characteristics of the crossed gradient plate.

Fig. 3 shows schematically the growth patterns which were obtained for the tested strains after one week of incubation. The spotted areas represent the light/temperature conditions where growth of the inoculum occurred. After the incubation time there were some disturbances in the agar at the hot end of the plate, in particular around the thermocouples in that area. Since these disturbances — a little shrinking of the agar caused by water evaporation — always arose far outside the growth areas of all tested strains, they could be ignored.

In areas where apparently no growth occurred the condition of the inoculum was not identical. Microscopic observations of the agar surface showed that in high temperature regions no traces of the original inoculum were visible. Evidently the inoculum disappeared by decay, not by active gliding of the trichomes. Control experiments proved that on the relatively high agar concentrations used the mobility of the trichomes of all strains was negligible. In low temperature regions, trichomes of the inoculum were easily detected. They were conserved but simply had not grown out.

The growth patterns shown in fig. 3 are clustered on basis of the micro-

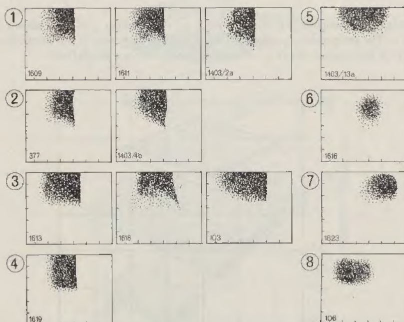


Fig. 3. — Schematic growth patterns of *Anabaena* strains under crossed gradients of light and temperature. For light- and temperature characteristics, see fig. 2. Strain numbers are in small figures (1609, 1611, etc), group numbers (cf. table 1) are in large figures (1-8).

morphological resemblances of the strains (table 1). For all strains only one growth pattern is presented although the strains were tested twice. Differences between the duplicates however were small and could be ignored.

Strains 1609, 1611, 1403/2a, 377, 1403/4b and 1619 (morphological group 1, 2 and 4) showed almost identical growth patterns. Growth occurred in a temperature range of c. 17°C to c. 32°C and a light intensity range of c. 3 to 98 $\mu E\ m^{-2}\ s^{-1}$. A sharp border between growth and no-growth regions was present at the upper temperature growth limit. Maximal growth was present at only 1°C below this limit. In regions of low temperature and low light intensities the border was different : growth decreased gradually and there was a wide transition area. At low light intensities strain 1619 had a border parallel to the frontside of the gradient plate, whereas strains 1609, 1611, 1403/2a, 377 and 1403/4b had a more or less oblique border. So, these strains were more tolerant to low light intensities at higher- than at lower temperatures.

Strains 1613, 1618 and 103 (morphological group 3) showed comparable growth patterns, but they all grew over a wider temperature range. This is illustrated by the location of the upper temperature borders (fig. 3) being

4°C to 8°C higher than those of the strains of morphological group 1, 2 and 4. Strain 103 showed the widest temperature range (c. 16°C to 40°C). The colour of the growth area of strain 1613 differed from all other strains in being dark to almost blackish green. The special colour of this strain in liquid culture has been mentioned previously (STULP & STAM, 1982). Strain 1618 showed oblique borders both at high temperatures and low light intensities.

The growth pattern of strains 1403/13a, 1616 and 106 differ considerably from the general pattern mentioned above. To all sides the growth area had an indistinct fringe (the existence of such a fringe for strain 1403/13a at the upper light intensity border could not be established). The usual sharp high temperature border was lacking. Distinct mutual differences between the strains were : the size of the growth areas, the upper light intensity border and the lower- and upper temperature borders (fig. 3).

Strains 1823 showed an intermediate growth pattern, with a more or less distinct upper temperature- and light intensity border. This strain was able to grow at up to 41°C, a major difference in comparison with all other strains.

DISCUSSION

Application of crossed gradient experiments is a successful and rapid method to establish growth responses of *Anabaena* strains to a combination of varying temperatures at light intensities. Differences in these responses are easily detected by comparing the «light temperature finger-prints» of the strains. The crossed gradient plate proved a reliable device to test the temperature-light responses of a strain in about one week of culturing. During this week the only problem is keeping the agar in the high temperature regions in good condition. Since no extremely thermophilic organisms were involved this problem was of minor importance in the present experiments. Providing the culture chamber with vapourized air like HALLDAL & FRENCH (1958) suggested could therefore be omitted.

Spraying proved to be a very satisfactory way of inoculation. Provided that the inoculum has been homogenized thoroughly before, even very narrow capillaries give good results. Microscopical tests showed that the inoculum was homogeneously sprayed over the agar surface. This success of spraying is in contrast with conclusions drawn by HALLDAL & FRENCH (1958). They state that spraying (and also painting) has proved to be unpractical and prefer to inoculate the agar on the plate with a layer of a homogenized liquid culture of the alga involved. However, when they applied this method for *Anabaena* cultures it was not completely satisfactory. The obtained layer was far too inhomogeneous.

The differences in growth responses of the various *Anabaena* strains are obvious. The most common growth pattern found in seven of the thirteen strains tested, shows a sharp high temperature border and an indistinct low temperature border. The high temperature border is apparently a lethal border whereas the low temperature border is a growth border. This may be illustrated

furthermore by the following accidental observation : one of the gradient plate experiments had to be terminated after two days of incubation. The inoculum on the plate was allowed to grow further under uniform conditions of 23 μE m^{-2} s^{-1} and 26°C. After a few days uniform growth occurred only on that part of the agar plate where temperatutes had remained below the critical upper temperature (e. g. in fig. 3 - 1, 2, 3 and 4 at the left side of the critical temperature line). Obviously only two days of gradient plate incubation kills the inoculum in the high temperature regions whereas it remains alive in the lower ones.

Strains 1403/13a, 1616, 1823 and 106 showed essentially different patterns. The fact that strain 106 was isolated from a water basin densily inhabited by floating water plants could explain this. Strain 1823 was isolated by VENKATARAMAN (1958) from a rain water puddle in New Delhi, India. Presumably this organism is a soil inhabitant. This again would be in agreement with its light requirements. Furthermore the high temperature range for growth of this strain agrees with the temperatures of its original habitat. Since the provenance of strain 1616 is unknown no comparison between the place of isolation and the growth pattern on the gradient plate can be made.

HALLDAL (1958) describes an *Anabaena* strain which has a high temperature lethal boundary of 43°C. However this result hardly can be compared with the present results since Halldal omitted to mention a strain number or a species name of the *Anabaena* he used. Moreover he did not indicate whether he measured the temperature of the agar or the temperature of the aluminium plate.

Mainly based on micromorphological criteria the strains involved in the present study could be separated into eight morphological groups. It was concluded that these groups are recognizable as eight different species (see table 1; STULP, 1982; STULP & STAM, 1982). The differences between the light/temperature fingerprints obtained in the present study do not contradict this conclusion although morphological differences are not always reflected in the fingerprints. *A. cylindrica, A. variabilis* and *A.* cf. *verrucosa* strains only show minor differences. *A. cf. subtropica* strains have fingerprints with a wider temperature range, but also show mutual differences. It was discussed previously (see Materials and methods; STULP & STAM, 1982) that mutual differences in morphology between these strains made the conclusion that they are representatives of one and the same species less clear-cut. The fingerprints of the remaining *A.* cf. *flos-aquae, A. sphaerica, A. randhawae* and *A. torulosa* strains very well correlate with their specific status.

When comparing the present results with those of STULP (1982) one should be aware of the fact that the latter results concerned only the morphology (not the growth) of the strains under different temperature and light conditions in liquid cultures. Nonetheless, the responses of the strains in both types of experiments are in agreement. For instance, in both experiments strain 1403/13a showed a wide and strain 1616 a much narrower temperature range.

ACKNOWLEDGEMENTS

The investigations were supported by the Foundation for Fundamental Biological Research (BION), which is subsidized by the Netherlands Organization for the Advancement of Pure Research (ZWO).

We would like to thank Prof. Dr. C. van den Hoek for valuable discussions and for critical reading of the manuscript, and Mr. E. Leeuwinga for drawing the figures. The actual building of the main parts of the crossed gradient plate was done very skilfully by Mr. E. Top.

REFERENCES

EDWARDS, P. and VAN BAALEN, C., 1970 — An apparatus for the culture of benthic marine algae under varying regimes of temperature and light intensity. *Bot. Mar.* 13 : 42-43.

CEITLER, L., 1932 – Cyanophyceae. In RABENHORST's Kryptogamenflora, Vol. 14, 1196 pp. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.

HALLDAL, P., 1958 — Pigment formation and growth in blue-green algae in ctossed gradients of light intensity and temperature. *Physiol. Plant.* 11 : 401-420.

HALLDAL, P. and FRENCH, C.S., 1956 – The growth of algae in crossed gradients of light intensity and temperature. *Carnegie Int. Wash. Yearbook* 55 : 261-265.

HALLDAL, P., HUANG, H.S. and FRENCH, C.S., 1957 — Growth patterns of various algae in crossed gradients of light intensity and temperature. *Carnegie Inst. Wash. Yearbook* 56 : 275-278.

HALLDAL, P. and FRENCH, C.S., 1958 — Algal growth in crossed gradients of light intensity and temperature. *Plant physiol.* 33 (4) : 249-252.

RIPPKA. R., DERUELLES, J., WATERBURY, J.B., HERDMAN, M. and STANIER, R.Y., 1979 — Generic assignments, sttain histories and ptoperties of pure cultures of cyanobactetia. *J. of Gen. Microbiol.* 111 : 1-61.

STACEY, G., VAN BAALEN, C. and TABITA, F.R., 1977 — Isolation and characterization of marine *Anabaena* sp. capable of rapid growth on molecular nitrogen. *Arch. Microbiol.* 114 : 197-201.

STARR, R.C., 1964 – The culture Collection of Algae at Indiana University. *Am. J. Bot.* 51 : 1013-1044.

STARR, R.C., 1978 — The Culture Collection of Algae at the University of Texas at Austin. *J. Phycol.* 14 (suppl.) : 47-100.

STULP, B.K., 1982 — Morphological variability of *Anabaena* strains (Cyanophyceae) undet different culture conditions. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 63 (2); *Algol. Stud.* 31 : 165-176.

STULP, B.K. and STAM, W.T., 1982 — Ceneral morphology and akinete germination of *Anabaena* sttains (Cyanophyceae) in culture. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 63 (1); *Algol. Stud.* 30 : 35-52.

VAARA, T., VAARA, M. and NIEMELÄ, S., 1979 — Two imptoved methods for obtaining axenic cultures of Cyanobacteria. *Appl. Env. Microbiol.* 38 (5) : 1011-1014.

VENKATARAMAN, G.S., 1958 — On the structure and life history of a new species of *Anabaena (A. randhawae* sp. nov.). *Proc. Nat. Inst. Sc. India* 24B (5) : 229-232.

WIEDEMAN, V.E., WALNE, P.L. and TRAINOR, F.R., 1964 — A new technique for obtaining axenic cultures of algae. *Can. J. Bot.* 42 : 958-959.

WIERINGA, K.T., 1968 — A new method fot obtaining bacteria free cultures of blue-green algae. *Antonie van Leeuwenhoek* 34 : 54-56.

(Accepté le 14 mars 1984)

Cryptogamie, Algologie : *1984, V, 2-3 : 73-78*

MIKROSPEKTRALPHOTOMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN ENTWICKLUNGSZYKLUS VON *ERNODESMIS VERTICILLATA* (KÜTZING) BØRGESEN (SIPHONOCLADALES, CHLOROPHYCEAE)*

R. SCHNETTER[1], U. RUCKELSHAUSEN[1], G. SEIBOLD[2]

ZUSAMMENFASSUNG. — In grösseren Zellen des Thallus von *Ernodesmis verticillata* entstehen nach Meiose haploide, zweigeisselige Schwärmer, die unter Kulturbedingungen zu neuen Thalli auskeimen können. In den neu gebildeten Thalli treten nebeneinander haploide und diploide Zellkerne auf. Da keine rein haploiden Pflanzen beobachtet wurden, wird angenommen, dass es sich bei *Ernodesmis* um einen Diplonten handelt und die zweigeisseligen Schwärmer Gameten darstellen, die parthenogenetisch auskeimen können. Das Auftreten diploider Kerne könnte auf eine Autodiploidisierung zurückzufüren sein.

SUMMARY. — In large thallus cells of *Ernodesmis verticillata* biflagellate swarmers are formed after meiosis. The swarmers may germinate under culture conditions and form new thalli. In these thalli both haploid and diploid nuclei were found. Because no exclusively haploid plants have been observed, it is assumed that the thalli of *Ernodesmis* are diploid and that the haploid swarmers are gametes (haplobiontic life cycle with gametic meiosis). The gametes may form new thalli by parthenogenesis. The presence of diploid nuclei in those plants are supposed to be the consequence of diploidisation of haploid nuclei.

SCHLÜSSELWORTER:: Chlorophyceae, *Ernodesmis verticillata*, Entwicklungszyclus, Meiogameten, Parthenogenese, Kern-DNS-Gehalt, Mikrospektralphotometrie.

EINLEITUNG

Nur verhältnismässig wenige Entwicklungszyklen sind bisher bei Angehörigen der Grünalgenordnung Siphonocladales untersucht worden, und teilweise werden Beobachtungsergebnisse in unterschiedlicher Weise interpretiert (vgl. TANNER, 1981). Arbeiten über den Entwicklungszyklus der Gattung *Ernodesmis* unter Berücksichtigung der Kernphase liegen bislang noch nicht vor. In grösseren Thalluszellen entstehende bewegliche, zweigesselige Stadien (vgl. BØRGESEN, 1912) sind bisher oft als Zoosporen angesehen worden. Die vorliegende Veröff-

* Herrn Prof. Dr. H. A. von STOSCH, Marburg, zum 75. Geburtstag gewidmet.

1. Botanisches Institut I der Justus-Liebig-Universität, D-6300 Giessen.
2. Strahlenzentrum der Justus-Liebig-Universität, D-6300 Giessen.

entlichung soll zur Kenntnis der Funktion dieser Schwärmer im Entwicklungszyklus von *Ernodesmis verticillata* beitragen.

MATERIAL UND METHODE

Die verwendeten *Ernodesmis verticillata*-Pflanzen stammen von der Isla Tierra Bomba bei Cartagena, Kolumbien, wo sie wenig oberhalb der Niedrigwasserlinie im Schatten überhängender Felsen an mässig brandungsexponierter Stelle wuchsen. Sie wurden im September 1981 gesammelt. Die Thalli entwickelten sich unter Kulturbedingungen in Giessen gut und bildeten die Grundlage für Unialgalkulturen.

Als Kulturmedium diente von der Biologischen Anstalt Helgoland geliefertes Seewasser, welches angereichert (Tab. 1) und wöchentlich erneuert wurde. Die Kultur erfolgte in Kryolichtthermostaten bei 23° und 25° C sowie einer Lichtintensität von 2,4 W/m^2 im 12-Stundentag. Als Lichtquellen wurden Leuchtstoffröhren (Philips TL 20W/29) verwendet.

Tabelle 1. — Kulturmedium. Zusätze zum Seewasser (Endkonzentrationen in μmol), nach von STOSCH (1966), verändert.

$NaNO_3$	500	$Na_2MoO_4 . 2\ H_2O$	0,1
$Na_2HPO_4 . 12\ H_2O$	30	NH_4VO_3	0,1
$FeSO_4 . 7\ H_2O$	1	$Na_2WO_4 . 2\ H_2O$	0,02
$MnCl_2$	0,1	$Na_2SeO_3 . 5\ H_2O$	1
$Na_2EDTA . 2\ H_2O$	10	TeO_2	0,02
As_2O_3	1	KJ	1
Vitamine :		Biotin	0,025
Aneurin	0,025	Cobalamin	0,0005

Zur Untersuchung der Kern-DNS-Gehalte wurden Thallusabschnitte, vorwiegend die grossen Zellen, angestochen und anschliessend zwischen zwei mit Eiweissglycerin bestrichenen Objektträgern gequetscht und bei - 30°C gefroren. In diesem Zustand lassen sich die Objektträger leich voneinander trennen (absprengen). Der Fixierung schloss sich eine Kernfärbung nach FEULGEN (JARDANOV, 1963) an, bei der die Kerne in 4n HCl 105 Minuten lang bei Zimmertemperatur behandelt wurden (siehe BÖHM, 1968).

Bei dem zu untersuchenden Material wurde darauf geachtet, dass Pflanzen, in denen Meiosen ablaufen könnten, nicht verwendet wurden. Die Thalli, die aus begeisselten Stadien angezogen worden waren, hatten zum Zeitpunkt der Kernfärbungen noch nicht den Entwicklungszustand erreicht, in dem Schwärmerbildung auftreten konnte.

Die Messungen der relativen Kern-DNS-Gehalte (Extinktionswerte)erfolgten mittels eines UMSP I (Zeiss) (zur Methodik siehe AL-KUBAISY, SCHWANTES & SEIBOLD, 1981).

ERGEBNISSE

Bei einer Temperatur von 23°C zeigten die Thalli gutes vegetatives Wachstum. Eine Temperaturerhöhung auf 25°C löste in den grossen Zellen der Pflanzen die Bildung von mit zwei Geisseln versehenen Schwärmern aus, die 6 Tage nach der Temperaturveränderung freigesetzt wurden.

Die Schwärmer setzten sich nach einigen Stunden auf dem Boden der Kulturgefässe fest und keimten aus. Die jungen Keimlinge waren nach 2-3 Tagen als grüner Belag mit blossem Auge zu erkennen. Aus den Keimlingen entwickelten sich normal gestaltete Pflanzen, die ebenfalls zweigesselige Schwärmer freisetzten.

Die Zellkerne von *Ernodesmis verticillata* sind rundlich. Ihre Grösse schwankte bei den Thalli des Ausgangsmaterials nach FEULGEN-Färbung zwischen 5,1 und 6,5 μm, bei den Schwärmern lag sie bei 3,6 μm (Mittelwert von 50 Messungen). Die durch mikrospektralphotometrische Messungen ermittelten relativen DNS-Gehalte der Zellkerne des Ausgangsmaterials, der Schärmer und der aus diesen hervorgegangenen Thalli sind in Abb. 1 und 2 dargestellt. Mit einer Ausnahme (Abb. 1 C) ergaben die Messungen zur Verteilung der Kern-DNS-Gehalte von Thalli, die sich durch Auskeimen der zweigeisseligen Schwärmer entwickelt hatten (Abb. 1 C - E, Abb. 2), Werte, die sowohl die für das Ausgangsmaterial typischen (Abb. 1 A) als auch für die Schwärmer charakteristichen (Abb. 1 B) einschlossen. Bei den Messergebnissen, die in Abb. 1 D - E dargestellt sind, wurde kein Wert auf eine Zuordnung der Kerne zu einer bestimmten Zelle gelegt. Um zu prüfen, ob auch in einzelnen Zellen derartig unterschiedliche Kern-DNS-Gehalte auftreten, wurden ausschliesslich einer Zelle angehörige Kerne gemessen (Abb. 2 A - C). Auch hier traten nebeneinander Kerne mit für das Ausgangsmaterial und die Schwärmer typischen DNS-Gehalten auf.

DISKUSSION

Auf Grund der Messergebnisse werden die Kerne der durch vegetative Vermehrung (ohne Schwärmerbildung) auf die in Kolumbien gesammelten Pflanzen zurückgehenden Thalli als diploid angesehen. Von den in Abb. 1 A dargestellten Werten werden die Klassen 1-2 (rel. DNS-Gehalte 29,9 - 40.9) mit einem Mittelwert des relativen DNS-Gehaltes von 37,5 als G_1-Phase und die Klassen 5-6 (rel. DNS-Gehalte 51,9 - 62,9) mit einem Mittelwert von 56,7 als G_2-Phase der Kerne im Zellzyklus betrachtet. Die Verteilung der DNS-Werte in Abb. 1 A entspricht einer Zellkernpopulation, in der Synthese und Teilungen ablaufen, mit G_1-, S- und G_2-Phase. Der Kern-DNS-Gehalt der zweigeisseligen Schwärmer (Abb. 1 B) zeigt dagegen die G_1-Phase haploider Kerne mit einem Mittelwert des relativen DNS-Gehaltes von 17,7 an. Vor der Bildung der Schwärmer muss also eine Meiose abgelaufen sein.

Bei den Schwärmer könnte es sich um (Meio-) Zoosporen oder um Gameten handeln. Zoosporen müssten zu haploiden Thalli auskeimen. Thalli mit ausschliesslich haploiden Kernen wurden jedoch nicht neobachtet. Die Schwärmer

n

A

B

C

D

E

0 7.9 13.4 18.9 24.4 29.9 35.4 40.9 46.4 51.9 57.4 62.9 68.4

rel DNS-Gehalt

Abb. 1. — Relative Kern-DNS-Gehalte von *Ernodesmis verticillata*; n : Anzahl der Zellkerne. A : Diploides Ausgangsmaterial. B : Haploide Gameten. C : In Kultur nach Gameten- (Zygoten- oder Zoosporen- ?) Keimung entstandener Thallus mit diploiden Kernen. D, E : Nach parthenogenetischer Gametenkeimung entstandene Thalli mit haploiden und diploiden Kernen; D 2 Monate alt, E 4 Monate alt.



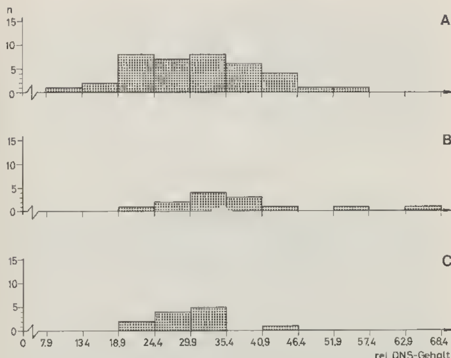


Abb. 2. — Relative DNS-Gehalte von Zellkernen jeweils einer Zelle verschiedener, 2 Monate alter Thalli. In allen Zellen treten haploide und diploide Kerne nebeneinander auf.

werden deswegen nicht als Zoosporen angesehen sondern als Gameten aufgefasst, obwohl in Kultur keine Gametenverschmelzung beobachtet werden konnte. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass die in Abb. 1 C dargestellten Kern-DNS-Gehalte einer nach Zygotenkeimung entstandenen Pflanze entsprechen oder dass dieser Thallus die Keimung von diploiden (Mito-)-Zoosporen entstanden ist. Von dieser möglichen Ausnahme, die nicht reproduziert werden konnte, abgesehen, keimten in allen anderen untersuchten Fällen Gameten parthenogenetisch zu neuen Thalli aus.

In den Zellen der parthenogenetisch entstandenen Thalli treten, wie sich aus Abb. 1 D - E und 2 ergibt, nebeneinander haploide und diploide Kerne auf. Über den Zeitpunkt des Auftretens diploider Kerne bei *Ernodesmis* und über deren Entstehungsweise lassen sich noch keine Aussagen machen. Theoretisch könnten diploide Kerne durch Verschmelzung von zwei haploiden Kernen oder durch Autodiploidisierung entstehen. Das spontane Auftreten diploider Kerne in zunächst haploiden Pflanzen wurde mehrfach beobachtet (WIKSJØSTEDT, 1970; AHRBERG, 1975). Zweigeisselige Isogameten treten bei *Cladophora sericea* (Huds.) Kütz. var. *biflagellata* van den Hoek auf (vgl. van den HOEK, 1963). Diese können parthenogenetisch auskeimen, und die daraus

entstehenden Thalli haben zunächst haploide, später diploide Kerne (WIK-SJØSTEDT, 1970), die teilweise zusammen mit haploiden in einer Zelle auftreten. WIK-SJØSTEDT nimmt an, dass die diploiden Kerne in diesem Fall durch Diploidisierung haploider Kerne entstehen.

Aus den vorliegenden Untersuchungen wird geschlossen, dass es sich bei *Ernodesmis verticillata* um einen Diplonten handelt, bei dem die haploide Phase während des Entwicklungszyklus auf die Gameten beschränkt bleibt (Diplont mit gametischem Kernphasenwechsel).

LITERATURVERZEICHNIS

AHRBERG, H.E., 1975 — Untersuchungen zur Cytologie und zum Wachstum verschiedener Stämme von *Fomes annosus* (Fr.) Cooke. *Eur. J. For. Path.* 5 . 287-303.

AL-KUBAISY, K.H., SCHWANTES, H.O. & SEIBOLD, G., 1981 — Cytophotometrische Untersuchungen zum Generationswechsel autotropher und heterotropher siphonaler Organismen (*Vaucheria sessilis* und *Saprolegnia ferax*). *Nova Hedwigia* 34 : 310-316.

BÖHM, N., 1968 — Einfluss der Fixierung und der Säurekonzentration auf die Feulgen-Hydrolyse bei 28°C. *Histochem.* 14 : 201-211.

BØRGESEN, F., 1912 — Some Chlorophyceae from the Danish West Indies, II. *Bot. Tidsskr.* 32 : 241-273.

JORDANOV, J., 1963 — On the transition of desoxyribonucleic acid to apurinic acid and the loss of the latter from tissues during Feulgen reaction hydrolysis. *Acta Histochem.* 15 : 135-152.

STOSCH, H.A. von, 1966 — Labor-Arbeitsblatt.

TANNER, C.E., 1981 — Chlorophyta : life histories, S. 218-247, in LOBAN, C.S. & WYNNE, M.J., The biology of seaweeds. Blackwell Sci. Publ., Oxford, XI + 786 S.

VAN DEN HOEK, C., 1963 — Revision of the European species of *Cladophora*. E. J. Brill, Leiden, VII, 248 S. + 55 Taf.

WIK-SJØSTEDT, A., 1970 — Cytogenetic investigations in *Cladophora*. *Hereditas* 66 : 233-262.

(Accepté le 6 juillet 1984)

GLAUCOCYSTIS RENIFORMIS SP. NOV. FROM ANDAMAN ISLANDS

B.N. PRASAD, R.K. MEHROTRA & P.K. MISRA*

ABSTRACT. — A new species of *Glaucocystis* Itzigs., *G. reniformis* sp. nov. has been described from Andaman Islands. The freshwater alga grows attached and has kidney-shaped cells with scattered parietal cyanelles.

KEY WORDS : New species, Chlorophyceae, Chlorococcales, *Glaucocystis*.

INTRODUCTION

Glaucocystis Itzigs. is an interesting rare genus wherein, endophytic blue-green cyanelles appear like chromatophores within a colourless chlorococcalean alga. Records of this alga from India are rare (PHILIPOSE, 1967) and out of a total of four species (PRESCOTT, 1962; PHILIPOSE, 1967), only one species, *G. nostochinearum* (Itzigs.) Rabenhorst has been reported by PRASAD (1961) from South India. Another species, *G. cingulata* Boh. has been recorded from Burma (SKUJA, 1949).

In the course of investigations on the algal flora of Andaman Islands (Bay of Bengal), the authors came across a new species of genus *Glaucocystis* Itzigs. It is proposed to describe the new alga here.

GLAUCOCYSTIS RENIFORMIS SP. NOV. (Figs. 1-8)

Coloniae 2-4- (plerumque 2-) cellulatae, in mucilagine inclusae, in massa vulgo flabelliformes, 47-58.5 µm longae, 38-39.5 µm latae; cellulae reniformes pallide glaucae, 24.5-29 µm longae, 15-18 µm latae, membrana 1.5-2 µm crassa circumdatae; cellula quaque ad centrum cyanellis parietalibus dispersis chromatophoroideis et nucleo magno conspicuo praedita.

Hab. . inter algas alias in lacunis dulcibus intermixta, Rangat et Port Blair 10/11/78 et 19/11/78. Typus in collectionibus algaceis Univ. Lucknow, sub numero 360F.

* Department of Botany, Lucknow University, Lucknow (India).

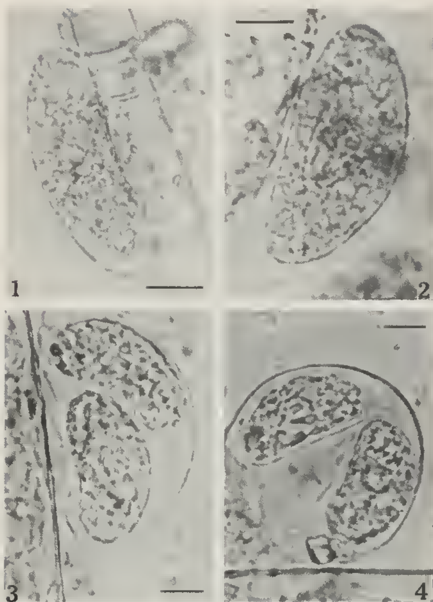


Fig. 1-4 : *Glaucocystis reniformis* sp. nov. — 1 : A single cell attached to an alga. 2 : A single cell in a hump like envelope. 3 : A two-celled stage enclosed in mother envelop. 4 : Two cells in a colony that is getting enlarged and bulbous. All scales : 10 μm.

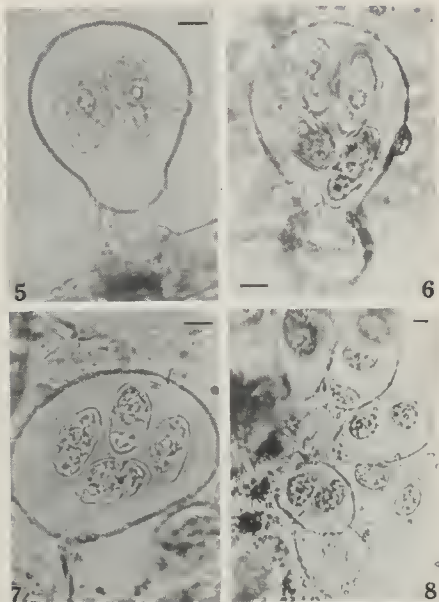


Fig. 5-8 : *Glaucocystis reniformis* sp. nov. — 5 : Bulb-shaped colony containing two cells. 6 : Bulb-shaped mucilaginous envelope containing four cells. 7 : A free-floating colony with four cells. 8 : Fan-shaped cluster of colonies. All scales : 10 µm.

TABLE I

Characters	G. *nostochinearum* (Itzigs.) Rabenh. (cf. Philipose 1967 & Prasad, 1961)	G. cingul*ata* Bohlin (cf. Philipose, 1967)	G. *duplex* Prescott (cf. Prescott, 1962)	G. *oocystiformis* Prescott (cf. Prescott, 1962)	G. *reniformis* sp. nov.
I. Habitat and Morphology of colonies	Planktonic, free floating Colonies of 2-8 (usually 4) cells, enclosed within old mother cell wall; Colonies 26-51 µm broad and 39-63 µm long.	Planktonic (?) Cells solitary or in colonies of 2-4 cells; Colonies 30-160 µm in diameter	Intermingled with other algae. Colony composed of 8-16 cells enclosed by a much enlarged spherical mother cell-wall. Colonies 150-170 µm in diameter	Planktonic (?) Cells solitary (or in colonies ?).	Attached to other algae or aquatic plants. Singly or in colonies of 2-4 (usually 2) cells assembled together in mucilage to form hump-shaped or bulb-shaped colonies, finally becoming fan-shaped aggregates. Colonies 38-39 µm broad, 47-58.5 µm long.
II. Shape and size of cells	Cells oblong-ellipsoid, 10-21.6 µm broad and 15-32 µm long.	Cells ovoid ro nearly spherical (cell membrane upto 2 µm thick), slightly more thickened at the poles and with a small equatorial groove, which appears as a ridgr on the inner side of the cell; Cells 12-20 µm broad and 18-68 µm long.	Cells spherical without a median annular thickening in the wall. 40-44 µm in diameter.	Cells broadly elliptic with nodular thickenings of the cell-wall at poles; 20-27.3 µm broad and 40-45 µm long.	Cells kidney-shaped, 15-18 µm broad and 24.5-29 µm long; Cell walls uniformly thick throughout, 1.5-2 µm thick.
III. Cyanelles	Less than 20 in number, axial and radiating in arrangement; vermiform, light-blue.	Cells with 20 or more axile, deep blue cyanelles, radiating from centre.	Cyanelles in the form of two stellata masses of long or short, blue-green vermiform cyanelles radiating from 2 separate points in each cell.	Cyanelles numerous, in the form or irregular pads near the periphery of the cell around a central, spherical colourless vacuole.	Each cell with 15-20 cyanelles which are parietal, vermiform and scattered in the cell.

GLAUCOCYSTIS RENIFORMIS SP. NOV. (Fig. 1-8)

Colonies of 2-4 cells (usually 2), embedded in mucilage, colonial mass usually attached, later becoming fan-shaped aggregates, arising from a common base, colonies 47-58.5 µm long and 38-39.5 µm broad; cells somewhat kidney-shaped, light blue-green, 24.5-29 µm long and 15-18 µm broad, cell-membrane 1.5-2 µm thick; each cell with 15-20 parietal, vermiform and scattered cyanelles and a large, conspicuous nucleus in the centre.

Habitat : Epiphytic or intermingled with other algae or aquatic angiosperms in two fresh-water ponds.

Loc. : Rangat (Middle Andamans) and Port Blair (South Andamans).

Coll. Nos : 277F and 360F.

Date : 10/11/78, 19/11/78.

The type material is deposited in the Algal Collections, Lucknow University under no. 360F.

The present alga belongs to genus *Glaucocystis* Itzigs. because of the presence of endophytic blue-green cyanelles and autospores (GEITLER, 1932; FRITSCH, 1932; PRASAD, 1961).

Table I summarises the characters of all the four species of *Glaucocystis* Itzigs. known so far and compares them with characters observed in the present alga.

DISCUSSION

A perusal of Table I indicates that the present alga differs from all other known species of the genus *Glaucocystis* Itzigs. in (a) being attached to aquatic plants and forming a hump-shaped envelope containing, at first a single cell when young (Fig. 1 & 2) which may divide becoming two-celled (Fig. 3 & 4) and subsequently attaining a bulb-shaped form with a definite attachment (Fig. 5 & 6), the final cluster of colonies being fan-shaped (Fig. 8), with an occasional colony becoming free-floating (Fig. 7), (b) reniform shape of cells and in the (c) vermiform morphology and scattered parietal, 15-20 cyanelles inside the cells.

The present species is comparable only to *G. oocystiformis* Prescott in possessing parietal chromatophore-like cyanelles but differs from it in the (a) presence of attached colonies (b) kidney-shaped cells in each colony (c) absence of polar nodules and in possessing (d) elongate vermiform cyanelles. It differs from all other known species of the genus strikingly in possessing parietal instead of axile cyanelles, the attached nature of the colonies and in the reniform shape of the cells.

It is, therefore, clearly a new species of the genus *Glaucocystis* to be named *Glaucocystis reniformis* sp. nov.

ACKNOWLEDGEMENTS

Authors are thankful to Dr. (Miss) Edith K. Cash, 505 Clubhouse Road, Binghamton, N. Y. 13903, U. S. A. for kindly rendering the latin diagnosis of the new taxon. One of the authors (P. K.M.) is also thankful to the University Grants Commission, New Delhi, for financial assistance in the form of a J. R. F. which made this study possible.

REFERENCES

FRITSCH, F.E., 1935 — Structure and Reproduction of the Algae. Vol. 1 : 791 p. Cambridge.

GEITLER, L., 1923 — Der Zellbau von *Glaucocystis nostochinearum* and *Gloeochaete wittrockiana* und die *Chromatophora*. Symbiosetheorie von Mureschkowsky. *Arch. Protentisken.* 47 (1) : 1-24.

PHILIPOSE, M.T., 1967 — Chlorococcales, I.C.A.R. New Delhi, 365 p.

PRASAD, B.N., 1961 — *Glaucystis nostochinearum* (Itzigs.) Rabenhorst in India. *Bull. bot. Soc.*, Saugar (S.K. Pande Comm. Volume) 13 (1-2) : 44-45.

PRESCOTT, G.W., 1962 — Algae of the Western Great Lakes Area, M.C. Brown Co. Publishers, Dubuque, Iowa, IInd Ed. 977 p.

SKUJA, J., 1949 — Zur Süsswasseralgenflora Burmas. *Nova Acta Soc. Sci. Upsal.*, Ser. 4 14 (5) : 1-188.

ALGUES DU LAC TITICACA
ET DES LACS DE LA VALLÉE D'ICHU KHOTA (BOLIVIE)

A. ILTIS*

RÉSUMÉ. — 108 taxons d'algues d'eau douce ont été inventoriés dans la partie bolivienne du Lac Titicaca et dans cinq lacs situés dans les Andes orientales, les diatomées n'étant pas prises en compte dans cet inventaire. 76 % appartiennent aux Chlorophycées, 18 % aux Cyanophycées, 3 % aux Dinophycées et 3 % aux Chrysophycées. Cette flore possède un caractère cosmopolite très marqué.

SUMMARY. — 108 taxa of freshwater algae have been found in the bolivian part of the Lake Titikaka and five lakes located in the eastern Andes, Diatoms being not included in this study. 76 % are green algae, 18 % blue-green algae, 3 % Dinophyceae and 3 % Chrysophyceae. A very large part of the present species is constituted by widely distributed forms, cosmopolitan or subcosmopolitan.

MOTS CLÉS : Algues, eau douce, liste systématique, lacs de montagne, Bolivie.

I. — INTRODUCTION

Les algues de cette étude ont été récoltées dans la partie bolivienne du lac Titicaca et dans cinq lacs de montagne dans la vallée d'Ichu Khota située dans la cordillère orientale des Andes à environ 70 km au nord de La Paz.

Le lac Titicaca, situé à une altitude de 3810 m est composé de deux parties : le Grand Lac, d'une superficie de 7100 km^2 séparé du Petit Lac ou Huinaimarca (1400 km^2) par le détroit de Tiquina (800 mètres de large environ). On pourra se reporter aux travaux de BOULENGÉ et AQUIZE JAEN (1981), CARMOUZE et AQUIZE JAEN (1981), CARMOUZE et al. (1983), LAZZARO (1981) pour une bonne connaissance des caractéristiques de ce milieu. Les récoltes de phytoplancton ont été faites en cinq points de la partie bolivienne du Huinaimarca, en trois points de la partie sud-est de la partie bolivienne du Grand Lac et en un point du détroit de Tiquina depuis la rive.

Les algues du lac Titicaca n'ont été l'objet à ce jour que d'un nombre limité de travaux (TUTIN, 1960, REYSSAC et DAO, 1977; RICHERSON et al., 1977; ACOSTO POLO et PONCE HERRERA, 1979).

* Hydrobiologiste ORSTOM. 24 rue Bayard, 75008 Paris.

Les cinq lacs de la vallée d'Ichu Khota sont situés à des altitudes s'étageant de 4310 à 4900 m, le cinquième lac situé de l'autre côté du col fermant la vallée est à environ 4850 m d'altitude. Les caractéristiques physico-chimiques de ces milieux ainsi que l'analyse de la flore diatomique du sédiment ont été décrites par SERVANT-VILDARY, (1982).

Dans l'ensemble de ces lacs, une série de prélèvements a été effectuée en novembre 1982. Ces travaux ont été effectués dans le cadre d'une convention entre l'Universidad Mayor de San Andrès (U.M.S.A.) à La Paz et l'ORSTOM-Paris pour l'étude géodynamique et limnologique des bassins situés sur les hauts plateaux des Andes boliviennes.

II. – POINTS DE RÉCOLTE

Les récoltes ont été faites en surface à l'aide d'un filet à plancton conique de 40 µm de vide de maille puis fixées à 10 % environ à l'aide de formol du commerce.

Lac Titicaca

A) Petit Lac (Huinaimarca). 16.11 et 7.12.1982.

1. En face de Huatajata (16° 14' lat., 68° 41' long.). Phytoplancton à *Mougeotia* sp., *Closterium aciculare, Staurastrum gracile, Pediastrum duplex* var. punctatum, *Sphaerocystis schroeteri, Chlorhomidium subtile, Gomphosphaeria pusilla* et *Microcystis aeruginosa* dominants.
Zooplancton à Copépodes et Rotifères.

2. En face de Chua, partie la plus profonde du Petit Lac (environ 39 m) (16° 12' lat., 68° 47' long.). Phytoplancton à *Closterium aciculare, Pediastrum duplex* var. *punctatum, Staurastrum gracile, Chlorhormidium subtile, Microcystis aeruginosa* et *Sphaerocystis schroeteri* dominants.
Zooplancton à Copépodes et Rotifères.

3. Au sud de l'île Paco, à l'est de l'île Pariti (16° 20' lat., 68° 45' long.). Phytoplancton à *Closterium aciculare, Gomphosphaeria pusilla, Closterium dianae* var. *arcuatum, Cosmarium subarctoum, Chlorhormidium subtile*, et *Microcystis aeruginosa* dominants.
Zooplancton à Copépodes et nombreux Rotifères.

4. A la pointe de la péninsule de Taraco (16° 25' lat., 68° 57' long.). Phytoplancton à *Closterium aciculare, Chlorhormidium subtile, Microcystis aeruginosa* et *Staurastrum gracile* dominants.
Zooplancton à Copépodes et nombreux Rotifères.

5. Près de l'embouchure du Desaguadero (16° 32' lat., 69° long.). Mêmes dominances dans le phyto et zooplancton qu'à la station précédente.

B) Grand Lac. 8.12.1982

6. Au nord-ouest du détroit de Tiquina (16° 09' lat., 68°56' long.). Phytoplancton à *Chlorhormidium subtile, Closterium aciculare, Sphaerocystis schroe-*

teri, *Staurastrum gracile* et *Microcystis aeruginosa* dominants.
Zooplancton à Copépodes et Rotifères.

7. Près de l'île de la Lune (16° 02' lat., 69° 02' long.). Phytoplancton à *Chlorhormidium subtile*, *Closterium aciculare* dominants.
Zooplancton à Rotifères et nombreux Copépodes.

8. En face de Copacabana (16° 08' lat., 69° 07' long.). Mêmes dominances dans le phyto et le zooplancton qu'à la station précédente.

9. Tiquina, rives (16° 13' lat., 68° 50' long.). Feutrage à *Cladophora* sp.

Vallée d'Ichu Khota (16° 10' lat., 69° 07' long.). 18.11.1982

1. Premier lac (Khara Khota). Rive est. Altitude 4310 m. Phytoplancton à *Sphaerocystis schroeteri*, *Staurastrum valdiviense*, *S. varians*, *Staurodesmus pachyrhynchus*, *Volvox tertius* et *Peridinium willei* dominants.
Zooplancton à Copépodes et Rotifères.

2. Deuxième lac (Khotia). Rive sud près de l'émissaire. Altitude 4450 m. Phytoplancton à *Botryococcus braunii* et *Tolypothrix distorta* var. *penicillata* dominants.
Zooplancton à nombreux Copépodes et quelques Rotifères.

3. Troisième lac (Jankho Khota). Rive sud près de l'émissaire. Altitude 4690 m. Phytoplancton à *Gonatozygon monotaenium* et Diatomées dominants.
Zooplancton à Copépodes et Rotifères.

4. Quatrième lac. Petite nappe d'eau juste sous le glacier. Rive est. Altitude 4900 m. Phytoplancton à *Tolypothrix distorta* var. *penicillata*, *Zygnema* sp., *Spirogyra* sp. et Diatomées dominants.
Zooplancton peu dense à Copépodes.

5. Cinquième lac. Lac noir de l'autre côté du col. Rive nord. Altitude 4850m. Phytoplancton à *Hyalotheca dissiliens*, *Closterium kuetzingii* var. *vittatum* et *Zygnema* sp. dominants.
Zooplancton peu dense à Copépodes et Cladocères.

III. — TAXONS RECENSÉS

Les taxons ont été classés selon l'ordre donné par les ouvrages de BOURRELLY (1970-1972-1981). Les espèces d'un même genre sont indiquées en suivant l'ordre alphabétique.

A) Chlorophycées

Volvocales
Volvocacées

Gonium pectorale Müller
Colonies subcarrées de 16 cellules. Cosmopolite (fig. 1).
Ichu Khota 3.

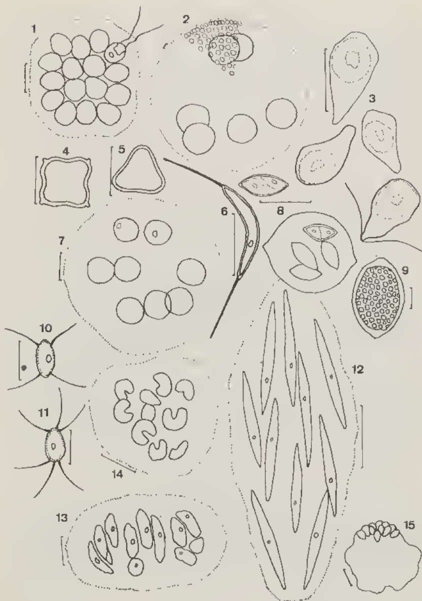


Planche I. — 1. *Gonium pectorale*; 2. *Volvox tertius*; 3. *Chlorangiella* sp.; 4. *Tetraedron minimum* f. *apiculatum*; 5. *T. trilobulatum*; 6. *Schroederia setigera*; 7. *Sphaerocystis schroeteri*; 8. *Oocystis lacustris*; 9. *Eremosphaera* sp.; 10. *Chodatella quadriseta*; 11. *C. subsalsa*; 12. *Pseudoquadrigula* sp.; 13. *Nephrocytium agardhianum*; 14. *Kirchneriella obesa*; 15. *Botryococcus braunii*.

Pandorina morum (Müller) Bory
Colonies globuleuses. Cosmopolite.
Titicaca 1, 3, 4, 6, 7 et 8. Ichu Khota 3.

Volvox tertius Meyer.
Colonies sphériques de 260 à 350 µm de diamètre contenant 2 à 6 colonies filles de 50 à 60 µm de diamètre disposées sans ordre (fig. 2).
Ichu Khota 1.

Tetrasporales
Chlorangiellacées

Chlorangiella sp.
Cellules ellipsoïdales allongées de 10 à 14 µm de longueur sur 6 à 8 de largeur fixées sur des débris. Les zoospores biciliées sont piriformes isolées ou par groupes répartis dans le milieu.
Nos exemplaires, fixés au formol, n'ont pu être déterminés au point de vue spécifique (fig. 3).
Titicaca 1, 2, 4, 5, 6, 7 et 8.

Chlorococcales
Chlorococcacées

Tetraedron minimum f. *apiculatum* (Reinsch) De Toni
Petites cellules carrées de 10 µm de côté. Cosmopolite (fig. 4).
Titicaca 3, 4 et 8.

Tetraedron trilobulatum (Reinsch) Hansgirg
Petites cellules triangulaires de 10µm de côté. Cosmopolite. KOMAREK et FOTT (1983) rattachent cette espèce à une forme sans aiguillon de *Treubaria setigera* (Arch.) G.M. Smith. Nous conservons ici l'ancienne appellation (fig. 5).
Titicaca 3.

Schroederia setigera (Schroeder) Lemmermann
Cellules arquées terminées par une longue soie. Cosmopolite (fig. 6).
Titicaca 1, 2 et 8.

Palmellacées

Sphaerocystis schroeteri Chodat.
Colonies sphériques de cellules rondes de 10 à 20 µm de diamètre. Cosmopolite (fig. 7).
Titicaca 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8. Ichu Khota 1, 2, 3, 4 et 5.

Oocystacées

Oocystis lacustris Chodat.
Cellules de 9 à 11 µm de longueur sur 6 à 8 µm de largeur. Cosmopolite (fig. 8).
Titicaca 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8. Ichu Khota 4 et 5.

Eremosphaera sp.
Cellules de 38 à 45 µm de longueur sur 24 à 30 µm de largeur. Paraît proche de *E. eremosphaeria* (G.M. Smith) R.L. Smith et Bold (fig. 9).
Titicaca 3, 4 et 5. Ichu Khota 4.

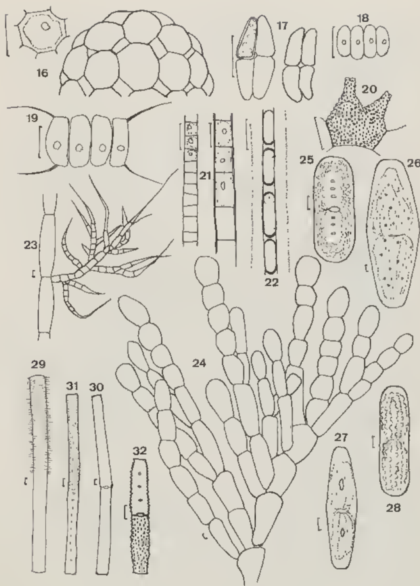


Planche II. — 16. *Coelastrum cruciatum*; 17. *Willea irregularis*; 18. *Scenedesmus ecornis*; 19. *S. quadricauda*; 20. Cellule de *Pediastrum duplex* var. *punctatum*; 21. *Chlorhormidium subtile*; 22. *Planctonema lauterbornii*; 23. *Draparnaldia sparsifasciculata*; 24. *Cladophora* sp.; 25. *Cylindrocystis brebissonii*; 26. *Netrium digitus*; 27. *N. digitus* var. *naegelii*; 28. *N. oblongum* var. *cylindricum*; 29. *Gonatozygon aculeatum*; 30. *G. kinahani*; 31. *G. monotaenium*; 32. *Gonatozygon* sp.

Chodatella quadriseta Lemmermann
Cellules de 10 µm de longueur pourvues de 2 soies à chaque pôle. Cosmopolite (fig. 10).
Titicaca 1, 2, 3, 4, 5 et 8.

Chodatella subsalsa Lemmermann
Cellules d'environ 10 µm de longueur pourvues de plusieurs soies à chaque pôle. Cosmopolite (fig. 11).
Titicaca 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8.

Ankistrodesmus spiralis (Turner) Lemmermann.
Espèce cosmopolite.
Titicaca 1, 3, 4 et 5.

Pseudoquadrigula sp.
Cellules fusiformes de 15 à 18 µm de longueur sur 2,5 µm de largeur (fig. 12).
Titicaca 1, 2, 3, 4, 5, 7 et 8.

Nephrocytium agardhianum Nageli
Espèce cosmopolite (fig. 13).
Titicaca 1, 3, 4, 6, 7 et 8.

Kirchneriella obesa (W. West) Schmidle
Espèce cosmopolite (fig. 14).
Titicaca 4, 5 et 6.

Dictyosphaeriacées

Botryococcus braunii Kützing
Petites colonies de cellules ovoïdes. Cosmopolite (fig. 15).
Titicaca 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7. Ichu Khota 1, 2, 3, 4 et 5.

Dictyosphaerium pulchellum Wood
Colonies de cellules sphériques à ovoïdes de 8 à 13 µm de diamètre réunies par des tractus ramifiés.
Titicaca 1, 3, 6, 7 et 8.

Scenedesmacées

Coelastrum cruciatum Schmidle
Les cellules arrondies à sub-arrondies, environ 10 µm de diamètre, légèrement épaissies à leur sommet lorsqu'elles sont à l'extérieur du cénobe, sont reliées entre elles par 4 processus. Cette espèce signalée de Cuba, du Brésil, du Paraguay et de Tanzanie est probablement tropicale (fig. 16).
Titicaca 1, 2, 6 et 7.

Willea irregularis (Wille) Schmidle
Cellules de 10 µm de longueur sur 4 de largeur disposées en cénobes irréguliers de 2 ou 4 cellules (fig. 17).
Titicaca 1, 2, 3, 4 et 7. Ichu Khota 3.

Scenedesmus ecornis (Ralfs) Chodat
Cellules de 11 µm sur 4 sans ornementation. Cosmopolite (fig. 18).
Titicaca 1, 2, 3 et 4. Ichu Khota 4 et 5.

Scenedesmus quadricauda (Turpin) Brebisson
Espèce cosmopolite (fig. 19).
Titicaca 1.

Hydrodictyacées

Pediastrum boryanum (Turpin) Meneghini.
Cénobes sans méats à cellules externes bicornes. Espèce cosmopolite.
Titicaca 1, 2, 5, 6, 7 et 8. Ichu Khota 2.

Pediastrum duplex var. *punctatum* (Krieger) Parra
Cellules nettement ponctuées. Cosmopolite (fig. 20).
Titicaca 1 à 8.

Ulothricales
Ulothricacées

Chlorhormidium subtile (Kützing) Fott
Filaments à cellules subcarrées ou allongées de 4 à 9 µm de diamètre et de 4 à 24 µm de longueur. Le plaste pariétal à un seul pyrénoïde est arrondi. Cette espèce était très commune dans le lac Titicaca à l'époque de nos récoltes. Probablement cosmopolite. SILVA, MATTOX et BLACKWELL (1972) ont remplacé le nom générique par *Klebshormidium*; nous conservons ici l'appellation de FOTT (fig. 21).
Titicaca 1 à 8. Ichu Khota 1, 2, 3 et 5.

Planctonema lauterbornii Schmidle.
Filaments de 3 à 3,5 µm de diamètre. Cosmopolite (fig. 22).
Titicaca 6, 7 et 8.

Chaetophorales
Chaetophoracées

Draparnaldia sparsifasciculata Prescott
Filaments principaux composés de cellules de 25 à 30 µm de diamètre et 80 à 155 µm de longueur rétrécies aux articulations. Cette espèce est décrite d'un étang de montagne du Montana aux États-Unis (fig. 23).
Ichu Khota 5.

Oedogoniales
Oedogoniacées

Oedogonium sp.
Filaments stériles de 14 à 20 µm de diamètre.
Titicaca 3, 4, 5 et 6. Ichu Khota 2, 3, 4 et 5.

Bulbochaete sp.
Filaments stériles de 28 µm de diamètre.
Ichu Khota 5.

Siphonocladales
Cladophoracées

Cladophora sp.
Filaments ramifiés dans leur partie terminale. Les articles de 70 µm de dia-

mètre sont allongés et présentent de nombreux noyaux et un plaste pariétal avec de nombreux pyrénoïdes. Notre espèce apparaît très proche de *C. glomerata* (Linnaeus) Kützing; toutefois nous n'avons pu observer les rhizoïdes et cette détermination devra être confirmée. Nos exemplaires ont été trouvés dans l'eau (très peu profonde) le long de la rive à Tiquina (fig. 24).
Titicaca 9.

Zygnématales
Zygnématacées

Spirogyra sp.
Filaments stériles de 12 à 26 μm de diamètre.
Titicaca 1, 3, 4, 5, 6 et 7. Ichu Khota 2, 3, 4 et 5.

Mougeotia sp.
Filaments stériles.
Titicaca 5, 6, 7 et 8. Ichu Khota 1, 3 et 4.

Zygnema ou *Zygnemopsis* sp.
Filaments stériles de 8 à 32 μm de diamètre.
Titicaca 1 et 3. Ichu Khota 2, 3, 4 et 5.

Mesotaeniacées

Cylindrocystis brebissonii Meneghini
Cellules de 82 à 88 μm de longueur sur 35 à 37 de largeur (fig. 25).
Ichu Khota 5.

Netrium digitus (Ehrenberg) Itzigs.et Rothe
Cellules de 210 à 240 μm de longueur sur 72 à 76 de largeur (fig. 26).
Ichu Khota 4.

Netrium digitus var. *naegelii* (Brebisson) Krieger
Cellules de 104 μm sur 26 μm (fig. 27).
Ichu Khota 4.

Netrium oblongum var. *cylindricum* West et West
Cellule cylindrique de 102 μm sur 28 (fig. 28).
Ichu Khota 2.

Gonatozygon aculeatum Hastings
Cellules de 300 μm de longueur sur 17 de largeur. Cosmopolite (fig. 29).
Titicaca 1.

Gonatozygon kinahani (Archer) Rabenhorst
Cellules sans ornementation de 288 à 305 μm sur 16 à 17. Apex légèrement élargis (fig. 30).
Titicaca 9.

Gonatozygon monotaenium de Bary
Cellules à parois granuleuses de 185 à 270 μm sur 8 à 18 (fig. 31).
Ichu Khota 1, 2, 3 et 4.

Gonatozygon sp.
Un exemplaire de 86 μm de longueur sur 10 μm de largeur, à paroi ornées de forts granules. Trois pyrénoïdes par plaste (fig. 32).
Ichu Khota 4.

Planche III. — 33. *Penium margaritaceum*; 34. *P. polymorphum*, 35. *Tetmemorus laevis*; 36. Closterium aciculare; 37. *C. acutum* var. *variabile*; 38. *C. cynthia* var. *latum*; 39. *C. dianae* var. *arcuatum*; 40. *C. ehrenbergii*; 41. *C. kuetzingii* var. *vittatum*; 42. *C. lagoense*; 43. *C. leibeinii*; 44. *C.* cf. *rectimarginatum* var. *majus*; 45. *Cosmarium contractum* var. *minutum*; 46. *C. hammeri*; 47. *C. hammeri* var. *homalodermum*; 48. *C. novae-semliae* var. *sibiricum*; 49. *C. polygonum* var. *hexagonum*; 50. *C. subarctoum*; 51. *C. trilobulatum*; 52. *C.* sp. 1; 53. *C.* sp. 2; 54. *C. pyramidatum*; 55. *C.* sp. 3; 56. *Euastrum insulare*; 57. *Euastrum* sp.



Desmidiacées

Penium margaritaceum (Ehrenberg) Brebisson
Cellules de 120 à 200 µm de longueur sur 29 à 32 µm de largeur. Cosmopolite (fig. 33).
Ichu Khota 3 et 4.

Penium polymorphum Perty
Cellules de 36 à 41 µm sur 18. Cosmopolite (fig. 34).
Ichu Khota 5.

Tetmemorus laevis (Kützing) Ralfs
Un seul exemplaire de 80 µm sur 24; apex large de 14 µm. Cosmopolite (fig. 35).
Ichu Khota 4.

Closterium aciculare T. West
Cellules de 500 à 900 µm de longueur sur 5 à 9 µm de largeur à paroi lisse. Chloroplastes à 13 à 18 pyrénoïdes. Cosmopolite (Fig. 36).
Titicaca 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8. Ichu Khota 2, 3 et 4.

Closterium acutum var. *variabile* (Lemmermann) Krieger
Cellules d'environ 95 µm sur 5. Cosmopolite (fig. 37).
Titicaca 2, 6, 7 et 8.

Closterium cynthia var. *latum* Schmidle
Cellules de 92 à 104 µm sur 20 à 22 à paroi striée. Cosmopolite (fig. 38).
Ichu Khota 3.

Closterium dianae var. *arcuatum* (Brebisson) Rabenhorst
Cellules de 152 à 210 µm sur 18 à 24. Cosmopolite (fig. 39).
Titicaca 2, 3 4 et 5.

Closterium ehrenberghii Meneghini
Cellules de 292 à 320 µm sur 54 à 56 de diamètre. Cosmopolite (fig. 40).
Ichu Khota 3 et 4.

Closterium kuetzingii var. *vittatum* Nordstedt
Cellules de 460 à 520 µm sur 22 à 24 de diamètre. Paroi fortement striée (5 en 10 µm). Cosmopolite (fig. 41).
Ichu Khota 5.

Closterium lagoense Nordstedt
Un seul exemplaire trouvé de 160 µm de long sur 22 de diamètre. Espèce de régions chaudes mais signalée en Grande Bretagne et aux États-Unis (Washington et Colombie Britannique) (fig. 42).
Ichu Khota 5.

Closterium leibleinii Kützing
Cellules de 119 à 134 µm sur 18 à 20 de diamètre. Cosmopolite (fig. 43).
Ichu Khota 2, 3 et 4.

Closterium cf. *rectimarginatum* var. *majus* Kamat
Cellules de 260 à 320 µm de longueur sur 21 à 23 de largeur, le rapport L/l variant entre 11,8 et 14,5. Les apex sont arrondis et larges de 2 µm. Les marges latérales de la cellule sont droites du centre jusqu'aux pôles. La paroi

cellulaire est lisse. Il y a six à dix pyrénoïdes par hémisomate. Nos spécimens sont plus effilés que ceux décrits par KAMAT (1963) qui donne les dimensions suivantes : longueur : 300 à 400 µm, largeur : 30 à 40 µm, largeur des apex : 4 à 6 µm. Il subsiste donc un doute sur cette détermination.
Cette variété a été décrite d'après une récolte faite dans un petit étang dans la région de Kolhapur dans les Indes occidentales (fig. 44).
Titicaca 1, 3 et 4.

Cosmarium contractum var. *minutum* (Delp.) West et West
Petites cellules de 22 à 25 µm sur 20 à 21, isthme de 4 µm. Cosmopolite (fig. 45).
Ichu Khota 5.

Cosmarium hammeri Reinsch
Cellules de 48 à 52 µm sur 35 à 36; L/l = 1,4; isthme de 12 à 14 µm. Cosmopolite (fig. 46).
Ichu Khota 2 et 5.

Cosmarium hammeri var. *homalodermum* (Nordstedt) West et West
Cellules de 60 à 62 µm sur 52; L/l = 1,2; isthme de 20 µm; épaisseur 30 µm. Cosmopolite (fig. 47).
Ichu Khota 3.

Cosmarium novae-semliae var. *sibiricum* Boldt
Petites cellules de 20 µm sur 12; isthme de 6 µm. Cosmopolite (fig. 48).
Ichu Khota 4.

Cosmarium polygonum var. *hexagonum* Grönblad
Petites cellules de 9 à 11 µm sur 10 à 11; isthme de 2,5 µm, épaisseur 5 µm; un granule à chaque angle de l'hémisomate. Nous avons repris ici, comme PRESCOTT (1981), la dénomination de Grönblad sans suivre KRIEGER et GERLOFF (1965) (synonymie avec *C. pygmaeum* var. *apertum* Skuja). Variété probablement cosmopolite (fig. 49).
Titicaca 1.

Cosmarium subarctoum (Lagerheim) Raciborski
Cellules de 10 à 27 µm sur 12 à 23 de largeur; isthme de 6 à 13 µm. La taille de certains de nos spécimens est plus élevée que celles de la diagnose de KRIEGER et GERLOFF (1962) (10 à 22 µm sur 9 à 17). Cosmopolite (fig. 50).
Titicaca 1, 3, 4 et 5. Ichu Khota 3 et 5.

Cosmarium trilobulatum Reinsch
Cellules de 15 à 17 µm sur 12,5 à 14; isthme de 3,7 µm. Cosmopolite (fig. 51).
Titicaca 1 et 3.

Cosmarium sp. 1*
Cellules de 50 à 58 µm de longueur sur 34 à 36 de largeur; isthme de 24 à 28 µm. 28 à 32 côtes à la partie médiane de l'hémisomate. 20 à 21 à l'apex (fig. 52).

* Plusieurs Desmidiacées inventoriées ici feront l'objet d'une étude en microscopie électronique à balayage par COUTÉ et ILTIS.

Ichu Khota 2, 3, 4 et 5.

Cosmarium sp. 2
Cellules de 52 à 60 µm sur 38 à 48; 8 à 10 côtes à la partie médiane de l'hémisomate. Ces spécimens pourraient être une variété de *C. quadrifarium* Lundell (fig. 53).
Ichu Khota 4 et 5.

Cosmarium sp. 3
Cellules de 66 µm sur 32, à isthme de 16 µm, à deux pyrénoïdes par hémisomate. Ornementation non vue (fig. 54).
Ichu Khota 4.

Cosmarium sp. 4
Une cellule de 30 µm sur 26 µm, isthme de 10 µm (fig. 55).
Ichu Khota 3.

Euastrum insulare (Wittrock) Roy
Cellules de 23 à 25 µm de longueur sur 14 à 17,5 de largeur; isthme de 3,5 à 4 µm. Cosmopolite (fig. 56).
Titicaca, I, 3 et 5.

Euastrum cf. *subalpinum* var. *crassum* Messikommer
Cellules de 36 µm sur 28; isthme de 10 µm, soit une taille supérieure à celle du type de cette variété (21 sur 16 µm). Il existe de plus sur nos spécimens un pore bien visible au centre de la tumeur centrale de chaque hémisomate. Cette espèce paraît aussi assez proche de *E. pseudotuddalense* Messikommer (fig. 58).
Ichu Khota 5.

Euastrum sp.
Une cellule de 68 µm de longueur sur 44 de largeur; isthme de 12 µm. Sans doute proche du groupe *E. bidentatum* Nägeli (fig. 57).
Ichu Khota 4.

Staurodesmus glaber (Ehrenberg) Teiling
Cellules de 26 µm sur 32. Cosmopolite (fig. 59).
Ichu Khota 5.

Staurodesmus mamillatus (Nordstedt) Teiling
Cellules de 24 µm sur 24. Cosmopolite (fig. 60).
Ichu Khota 5.

Staurodesmus pachyrhynchus (Nordstedt) Teiling
Cellules de 42 à 48 µm de longueur sur 38 à 44 de largeur; isthme de 7 à 8 µm. Hémisomates à 3,4 ou 5 bras arrondis suivant les cellules. Cosmopolite (fig. 61).
Ichu Khota 1.

Staurastrum brebissonii var. *brevispinum* West
Cellules de 44 à 48 µm de longueur sur 41 à 44 de largeur munies de courtes épines. Isthme de 13 à 17 µm. Cosmopolite (fig. 62).
Ichu Khota 3.

Staurastrum gracile Ralfs

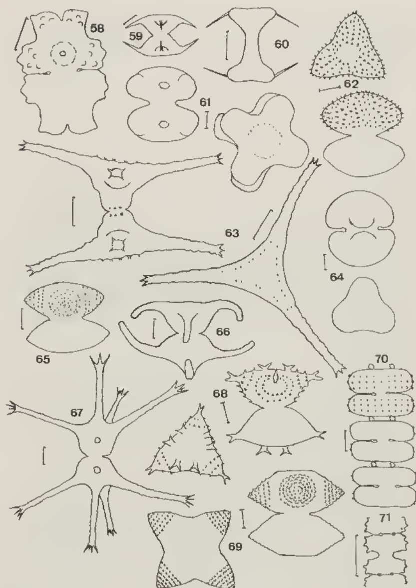


Planche IV. – 58. *Euastrum* cf. *subalpinum* var. *crassum*; 59. *Staurodesmus glaber*, 60. *St. mamillatus*; 61. *S. pachyrhynchus*; 62. *Staurastrum brebissonii* var. *brevispinum*; 63. *S. gracile*; 64. *S. orbiculare*; 65. *S. punctulatum*; 66. *S. valdiviense*; 67. *St. stelliferum*; 68. *S. subavicula*; 69. *S. varians*; 70. *Sphaerozosma vertebratum* var. *punctulatum*; 71. *Teilingia granulata*.

Cellules de 29 à 35 µm de longueur et de 52 à 70 de largeur avec les processus. La longueur des bras apparaît très variable. Espèce cosmopolite (fig. 63).
Titicaca 1 à 8. Ichu Khota 2 et 5.

Staurastrum orbiculare (Ehrenberg) Ralfs
Les cellules de 44 µm sur 36 sont un peu plus petites que pour le type de l'espèce. Cosmopolite (fig. 64).
Ichu Khota 4.

Staurastrum punctulatum (Brebisson) Ralfs
Cellules de 28 à 32 µm de longueur sur 26 à 36 de largeur; isthme de 10 à 12 µm. Cosmopolite (fig. 65).
Ichu Khota 3 et 5.

Staurastrum stelliferum Borge
Cellules de 30 à 36 µm de longueur sans les processus, à 4 bras munis de 4 épines terminales par hémisomate; largeur totale 120 µm; isthme de 10-13µm. Comme pour les exemplaires signalés par TELL (1980) au nord-est de l'Argentine, l'ornementation basale des bras est variable et peut être lisse ou épineuse. Espèce signalée du Brésil et de l'Argentine (fig. 67).
Ichu Khota 1.

Staurastrum subavicula West et West
Cellules de 30 à 36 µm sur 34 à 39 µm avec les processus. Isthme de 10 µm. Cosmopolite (fig. 68).
Ichu Khota 3.

Staurastrum valdiviense Thomasson
Cellules de 28 sur 54 µm; isthme de 10 à 12 µm; bras dépourvus d'épines terminales. Espèce décrite des lacs de la Terre de Feu en Argentine (fig. 66).
Ichu Khota 1 et 4.

Staurastrum varians Raciborski
Cellules à hémisomates tri- ou quadriradiés d'une taille un peu plus élevée (42 à 48 µm sur 44 à 48, isthme de 18 µm) que pour le type de l'espèce. Cosmopolite (fig. 69).
Ichu Khota 1.

Sphaerozosma vertebratum var. *punctulatum* West et West
Filaments de cellules de 18 à 20 µm sur 28 à 30, pourvues de trois rangées de granules; isthme de 8 à 10 µm. Cosmopolite (fig. 70).
Ichu Khota 3.

Teilingia granulata (Roy et Bisset) Bourrelly
Filaments de cellules de 8 µm sur 9 portant 4 granules aux deux lobes de chaque hémisomate; isthme de 4 µm. Cosmopolite (fig. 71).
Ichu Khota 3.

Desmidium swartzii Agardh
Filaments de cellules de 13 à 14 µm sur 34 à 36. Cosmopolite (fig. 72).
Titicaca 3.

Hyalotheca dissiliens (Smith) Brebisson
Filaments de cellules de 24 à 32 µm sur 28 à isthme peu marqué. Cosmopo-

polite (fig. 73).
Ichu Khota 1, 2, 3 et 5.

B) Chrysophycées

Ochromonadales
Dinobryacées

Dinobryon sociale Ehrenberg.
Logettes allongées de 32 à 36 μm de longueur et de 6 à 8 μm de largeur; kystes de 13 à 16 μm de diamètre. Cosmopolite (fig. 74).
Ichu Khota 3.

Epipyxis utriculus Ehrenberg
Logettes de 20 à 28μm de longueur sur 8 à 9 de largeur. Cosmopolite (fig. 75).
Ichu Khota 5.

Monosigales
Salpingoecacées

Salpingoeca frequentissima (Zacharias) Lemmermann
Logettes de 8 à 10 μm de longueur sur 3 à 4 de diamètre fixées sur les algues filamenteuses. Probablement cosmopolite (fig. 76).
Titicaca 1 à 8.

C) Dinophycées

Péridiniales*
Péridiniacées

Peridinium pusillum (Penard) Lemmermann
Cellules de 17 à 23 μm sur 12 à 18. Tabulation du type *conjunctum*. Cosmopolite (fig. 77).
Titicaca 1, 3, 4 et 5.

Peridinium willei Huitfeldt-Kaas
Cellules de 50 à 70 μm de longueur. Cosmopolite (fig. 78).
Titicaca 1 à 8. Ichu Khota 1, 2, 3 et 5.

Peridiniopsis cristatum var. *boliviense* Iltis et Couté
Cellules ovoïdes de 32 à 40 μm sur 30 à 38. Variété halophile décrite du lac Poopo (fig. 79).
Titicaca 1, 3, 4, 5 et 6.

D) Cyanophycées

Chroococcales
Chroococcacées

Merismopedia tenuissima Lemmermann
Cellules de 1,5 à 2,5 μm de diamètre. Cosmopolite.

---

* Les Péridiniales de Bolivie ont fait l'objet d'une étude de ILTIS et COUTÉ (1984).

Titicaca 3 et 4.

Merismopedia glauca (Ehrenberg) Nägeli
Cellules de 3 à 5 µm de diamètre. Cosmopolite.
Ichu Khota 1, 2 et 3.

Merismopedia elegans A. Braun
Cellules de 5 à 6,5 µm de diamètre. Cosmopolite.
Titicaca 1 et 4.

Chroococcus minutus (Kützing) Nägeli
Cellules d'environ 6 µm de diamètre. Espèce cosmopolite.
Titicaca 3 et 4.

Chroococcus turicensis (Nägeli) Hansgirg
Cellules de 12 à 16 µm de diamètre (fig. 80).
Ichu Khota 5.

Microcystis delicatissima (W. et G.S. West) Starmach
Colonies de cellules de 0,8 à 1 µm de diamètre. Cosmopolite.
Titicaca 1 à 8.

Microcystis elachista (W. et W.S. West) Compère
Colonies de cellules d'environ 2 µm de diamètre. Cosmopolite.
Titicaca 1 à 8. Ichu Khota 5.

Microcystis aeruginosa Kützing
Colonies de cellules de 3 à 6 µm de diamètre. Cosmopolite.
Titicaca 1 à 8.

Gomphosphaeria aponina Kützing
Colonies de cellules de 10 sur 7,5 µm. Cosmopolite (fig. 81).
Titicaca 3 à 5.

Gomphosphaeria pusilla (Van Goor) Komarek
Colonies de cellules de 3,5 à 5 µm sur 2 à 2,5 µm. Cosmopolite (fig. 82).
Titicaca 1 à 8.

Stigonématales
Stigonématacées

Stigonema tomentosum (Kützing) Hieronymus
Filaments d'environ 20 µm de diamètre, gaine brun-jaune. Cellules d'environ 10 µm de diamètre organisées en une seule rangée par filament. Probablement cosmopolite (fig. 83).
Ichu Khota 4 et 5.

Nostocales
Scytonématacées

Tolypothrix distorta var. *penicillata* (Ag.) Lemmermann
Trichomes de 9 µm de diamètre dans un filament de 11 à 12 µm avec un hétérocyste basal de 12 µm environ. Nous reprenons ici la dénomination donnée par GEITLER (1932) sans suivre GOLUBIC et KANN (1967) qui ont créé une espèce pour cette variété. STARMACH (1966) signale ce taxon sous le nom de *T. distorta* f. *penicillata* (Ag.) Kossinskaja (fig. 84).

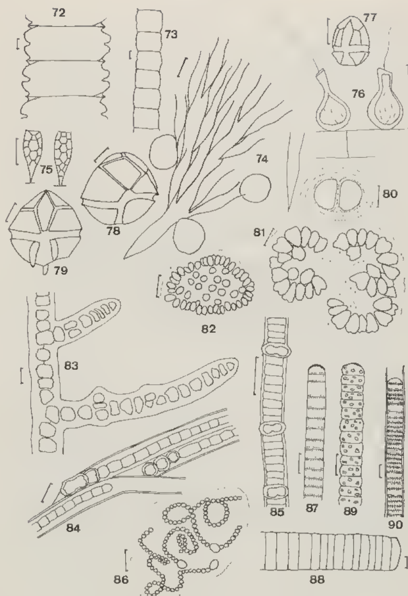


Planche V. — 72. *Desmidium swartzii*; 73. *Hyalotheca dissiliens*; 74. *Dinobryon sociale*; 75. *Epipyxis utriculus*; 76. *Salpingoeca frequentissima*; 77. *Peridinium pusillum*; 78. *P. willei*; 79. *Peridiniopsis cristatum* var. *boliviense*; 80. *Chroococcus turicensis*; 81. *Gomphosphaeria oponina*; 82. *G. pusilla*; 83. *Stigonema tomentosum*; 84. *Tolypothrix distorta* var. *penicillata*; 85. *Nodularia harveyana* var. *sphaerocarpa*; 86. *Nostoc entophytum*; 87. *Oscillatoria irrigua*; 88. *O. princeps*; 89. *O. lacustris*; 90. *Lyngbya hieronymusii*.

Ichu Khota 1, 2, 3, 4 et 5.

Nostocacées

Nodularia harveyana var. *sphaerocarpa* (Bornet et Flahault) Elenkin
Filaments de 6 à 7 µm de diamètre. Cosmopolite (fig. 85).
Titicaca 5, 6, 7 et 8.

Nostoc entophytum Bornet et Flahault
Trichomes de 2 à 2,5 µm de diamètre. Cosmopolite (fig. 86).
Ichu Khota 5.

Nostoc paludosum Kützing
Trichomes de 3,5 µm de diamètre. Cosmopolite.
Ichu Khota 1.

Anabaena sp.
Filaments stériles de 5,5 à 6 µm de diamètre avec des hétérocystes sphériques de 6,5 à 7,5 µm de diamètre.
Titicaca 6 et 8. Ichu Khota 3 et 4.

Oscillatoriacées

Oscillatoria irrigua Kützing
Filaments de 8 µm de diamètre. Cellules de 4 à 6 µm de longueur pourvues de granulations au niveau des parois intercellulaires. Cosmopolite (fig. 87).
Titicaca 3 et 6. Ichu Khota 3.

Oscillatoria princeps Vaucher
Filaments de 33 à 38 µm de diamètre. Cellules de 5 à 7 µm de longueur. Cosmopolite (fig. 88).
Titicaca 1 et 3.

Oscillatoria lacustris (Klebahn) Geitler
Filaments de 9 à 11 µm de diamètre rétrécis aux articulations mais non réduits à la partie apicale. Présence de vacuoles gazeuses très nettes. Cellules de 3 à 5 µm de longueur (fig. 89).
Ichu Khota 3.

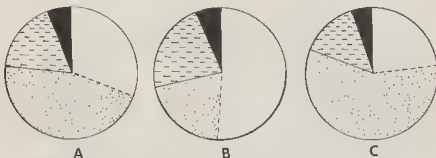
Lyngbya hieronymusii Lemmermann
Trichomes de 12 à 14µm, non rétrécis aux articulations; filaments de 14 à 16 µm de diamètre. Les cellules de 2 à 4 µm de longueur sont pourvues de vacuoles gazeuses aux cloisons. Subcosmopolite (fig. 90).
Titicaca 1 et 6.

V. — CONCLUSIONS

Les 108 taxons inventoriés dans la partie bolivienne du lac Titicaca et dans cinq lacs de la vallée d'Ichu Khota comprennent 76 % de Chlorophycées, 18 % de Cyanophycées, 3 % de Dinophycées et 3 % de Chrysophycées, les Diatomées n'étant pas prises en compte dans cet inventaire. Chez les 76 % de Chlorophycées, on observe 22 % d'Euchlorophycées, 8 % de filamenteuses (Ulothricophycées et Zygophycées) et 46 % de Desmidiées (Mesotaeniacées et Desmidiacées);

les Desmidiacées constituent à elles seules 38 % de la flore. Les Cyanophycées comportent 9 % de filamenteuses et 9 % d'autres. Les Chrysophycées comprennent deux formes épiphytes (une Salpingoécaccée et une Dinobryacée) et une forme planctonique (une Dinobryacée); enfin, trois Péridiniacée représentent les Dinophycées.

Cinquante huit taxons ont été inventoriés dans le Titicaca et soixante-neuf dans les lacs d'Ichu Khota. Les proportions des différents groupes sont un peu différentes dans le lac Titicaca et dans l'ensemble des cinq lacs. Les Chlorophycées constituent 72 % de la flore dans le lac Titicaca (Euchlorophycées 41 %, filamenteuse 10 % et Desmidiées 20 %) et 81 % dans les autres (Euchlorophycées 13 %, filamenteuses 10 % et Desmidiées 58 %). Les Cyanophycées représentent 22 % de la flore dans le Titicaca (filamenteuses 8 %, autres 14 %) et 14 % dans les autres milieux (filamenteuses 10 %, autres 4 %); les Chrysophycées autres que les Diatomées et les Dinophycées ne constituent dans les deux cas que 2 à 5 % de la flore (schéma).



Composition relative de la flore. — A : dans l'ensemble des milieux étudiés; B : dans la partie bolivienne du lac Titicaca; C : dans les lacs de la vallée d'Ichu Khota. En blanc et pointillés, les Chlorophycées; en pointillés, les Desmidiées; en tiretés, les Cyanophycées et en noir, les Dinophycées et les Chromophytes autres que les Diatomées.

Il y a vingt taxons communs aux deux groupes de milieux (soit 18,5 %), seize Chlorophycées, trois Cyanophycées et une Dinophycée et on peut considérer que, à l'époque des récoltes, la flore du lac Titicaca a peu d'affinités avec celle des lacs moins étendus situés plus en altitude dans la chaîne des Andes. Toutefois, cette indication demande à être confirmée par l'inventaire des Diatomées encore inexistant actuellement.

Par ailleurs, il existe des différences entre les flores des cinq lacs d'Ichu Khota s'étageant entre altitudes de 4300 et 4900 m; des échantillonnages plus nombreux que ceux exécutés en novembre 1982 permettraient sans doute de déceler des variations de la flore en liaison avec l'altitude comme cela a été fait par SERVANT-VILDARY (1982) pour la flore diatomique des sédiments récents.

En conclusion, deux remarques peuvent être faites sur la composition de la flore algale des lacs d'altitude boliviens. En premier lieu, la dominance des Chlorophycées qui représentent environ les 3/4 des taxons présents, déjà observée par les quelques auteurs ayant analysé des récoltes de cette région (LAZZARO, 1981; REYSSAC et DAO, 1977) se trouve ici confirmée. Dans la partie péruvienne du lac Titicaca et dans les lacs avoisinants (TUTIN, 1940; RICHERSON et al., 1977; ACOSTA POLO et PONCE HERRERA, 1979; HEGEWALD et al., 1976; THOMASSON, 1956), cette dominance est identique. Parmi les Chlorophycées, les taxons les mieux représentés sont soit les Chlorococcales comme c'est le cas pour le lac Titicaca bolivien, soit les Desmidiées, comme c'est le cas pour les lacs d'Ichu Khota. D'après les études de LÖFFLER (1960), GILSON (1964), HEGEWALD et al. (1976) et l'inventaire réalisé ici, il apparaît que, dans les lacs d'altitude de cette région à basse concentration en sels dissous, les Desmidiées constituent le plus grand nombre de taxons tandis que dès que la teneur en sels dissous s'élève (Lac Titicaca bolivien, Lac Huaipo et La Salina au Pérou), le nombre de taxons appartenant aux Chlorococcales devient dominant.

La seconde caractéristique des peuplements d'algues étudiées ici est l'abondance des formes cosmopolites dans la flore. La quasi-totalité des taxons inventoriés a une très large distribution mondiale et espèces endémiques ou formes tropicales sont très rares; ce phénomène a été observé par GESSNER (1955) au Vénézuela et signalé par LÖFFLER (1964). Cependant les indices de BOURRELLY (1957) destinés à caractériser les flores des régions tropicales et calculés d'après les proportions de certains genres de Desmidiées sur l'ensemble des taxons présents de ce groupe, restent assez élevés : 8,3 % pour les rapports Desmidiées filamenteuses et Desmidiées filamenteuses plus *Pleurotaenium* (ce genre est absent dans nos récoltes) sur le total des Desmidiées pour le lac Titicaca et 7,5 % pour les lacs d'Ichu Khota; 16,7 % pour le rapport *Pleurotaenium* plus *Euastrum* plus Desmidiées filamenteuses sur le total des Desmidiées dans le lac Titicaca et 12,5 % dans les lacs d'Ichu Khota.

Ce sont des valeurs qui sont de l'ordre de celles trouvées pour les flores des collections d'eau du Brésil (BOURRELLY, 1957) ou de la zone soudano-sahélienne en Afrique (ILTIS, 1973; COMPERE, 1983). Des études plus complètes de la flore algale des eaux andines devraient permettre de préciser les caractères et de déceler ses affinités avec les autres flores connues.

Signalons enfin que, bien qu'aucun recensement ait pu être effectué à ce jour dans nos échantillons, les Diatomées sont apparues peu nombreuses dans le plancton du lac Titicaca, comme l'ont signalé déjà plusieurs auteurs (trois taxons cités par THOMASSON, 1956; neuf par RICHERSON et al., 1977). Dans les lacs d'Ichu Khota, les Diatomées paraissent plus nombreuses et plus diversifiées. De plus, dans tous ces milieux où il existe en général une végétation immergée bien développée, l'étude du périphyton n'a pas été systématiquement abordée.

BIBLIOGRAPHIE

ACOSTA POLO, J., PONCE HERRERA, A., 1979 — Las algas superficiales del Lago Titicaca (Dptment de Puno, Peru). Universidad Nacional Federico Villareal. Centro de Investigaciones Pesqueras. Lima 1 : 5-40, 5 pl.

AGASSIZ, A., GARMAN, S.W., 1876 — Exploration of the Lake Titicaca. *Bull. Mus. Comp. Zool. Harv.* 3, 273 and 349.

BOULANGE, B., AQUIZE JAEN, E., 1981 — Morphologie, hydrographie et climatologie du lac Titicaca et de son bassin versant. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 14 (54) : 269-287.

BOURRELLY, P., 1957 — Algues d'eau douce du Soudan français, région du Macina (A.O.F.). *Bull. I.F.A.N.*, sér. A,19 (4) : 1047-1102, 21 pl.

BOURRELLY, P., 1972-1981-1970 — Les algues d'eau douce. I. Algues vertes, II. Algues jaunes et brunes, III. Algues bleues et rouges. N. Boubée, Paris : 572 p., 517 p. et 512 p.

CARMOUZE, J.P., AQUIZE JAEN, E., 1981 — La régulation hydrique du lac Titicaca et l'hydrologie de ses tributaires. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 14 (4) : 311-328.

CARMOUZE, J.P., AQUIZE, E., ARZE, C., QUINTANILLA, G., 1983 — Le bilan énergétique du lac Titicaca. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 16 (2) : 135-144.

COMPERE, P., 1983 — The phytoplankton in Lake Tchad. Carmouze, Durand et Lévêque ed., Monographiae Biologicae n° 53, Junk. The Hague : 145-152.

CROASDALE, H., BICUDO, C.E. de M., PRESCOTT, G.W., 1983 — A synopsis of North American Desmids. Part 2. Desmidiaceae. Placodermae. Sect. 5 University of Nebraska Press, Lincoln and London : 117 p.

FOREST, H.S., 1956 — A study of the Genera *Draparnaldia* Bory and *Draparnaldiopsis* Smith and Klyver. *Castanea* 21 (1) : 1-29.

FOTT, B., KALINA, T., 1962 — Uber die Gattung *Eremosphaera* De Bary und deren taxonomische Gliederung. *Preslia* 34 : 348-358.

GEITLER, L., 1930-1932 — Cyanophyceae. In : RABENHORST's Kryptogamen-Flora. Akad. Verlagsgesellschaft MBH. Leipzig, 16 : 1196 p.

GESSNER, F., 1955 — Die limnologischen Verhaltnissen in den Seen und Flüssen von Venezuela. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 12 : 284-295.

GILSON, H.C., 1939 — The Percy Sladen Trust Expedition to lake Titicaca in 1937. *Trans. Linn. Soc. London*, 3è ser , 1 (1) : 1-116.

GILSON, H.C., 1964 Lake Titicaca. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 15 : 112-127.

GOLUBIC, S., KANN, E., 1967 — Zur Klarung der taxonomischen Beziehungen zwischen *Tolypothrix distorta* Kützing und *T. penicillata* Thuret (Cyanophyta). *Schweizert zeitsch. für Hydrologie* 29 (1) : 145-160.

HEGEWALD, E., ALDAVE, A., HAKULI, T., 1976 — Investigations on the lakes of Peru and their phytoplankton. 1. Review of literature, description of the investigated waters and chemical data. *Arch. Hydrobiol.* 78 (4) : 494-506.

HINDAK, F., 1977 — Studies on the Chlorococcal algae (Chlorophyceae). I. Biologicke Prace.23 (4) : 190 p.

HINDAK, F., 1980 — Studies on the Chlorococcal algae (Chlorophyceae). II. Biologicke Prace.26 (6) : 195 p.

HUBER-PESTALOZZI, G., 1941 — Das Phytoplankton des Süsswassers : Chrysophyceen. Farblose Flagellaten. Heterokonten. Schweizerbart Verlags. Stuttgart. 2 (1) : 366 p.

ILTIS, A., 1973 — Algues des eaux natronées du Kanem (Tchad): 2ème partie. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol.* 7 (1) : 25-54.

ILTIS, A., COUTÉ, A., 1984 – Péridiniales (Algae, Pyrrhophyta) de Bolivie. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 17 (4) : sous presse.

KAMAT, N.D., 1963 – The Algae of Kolhapur, India. *Hydrobiologia* 22 (3-4) : 209-305.

KOMAREK, J., 1983 – Contribution to the Chlorococcal Algae of Cuba. *Nova Hedwigia* 37 : 65-180.

KOMAREK, J., FOTT, B., 1983 – Chlorophyceae. Chlorococcales. *In* : Das Phytoplankton des Süsswassers, HUBER-PESTALOZZI ed. Die Binnengewässer 16. Schweizerbart. Verlag. Stuttgart, 7 (1) : 1044 p.

KRIEGER, W., 1937 – Die Desmidiaceen. *In* : RABENHORST's Kryptogamen-Flora. Akad. Verlagsgesellschaft M.B.H. Leipzig, 1 Teil : 712 p, 96 pl.

KRIEGER, W., GERLOFF, J., 1962-1969 – Die Gattung *Cosmarium*. L. 1, 2 et 3. J. Cramer, Weinheim. Vol. 1 : pp. 1-112, 22 pl.; Vol. 2 : pp. 113-240, 19 pl.; Vol. 3 : pp. 241-410, 28 pl.

LAZZARO, X., 1981 – Biomasses, peuplements phytoplanctoniques et production primaire du lac Titicaca. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 14 (4) : 349-380.

LÖFFLER, H., 1960 – Limnologische Untersuchungen an Chilenischen und Peruanischen Binnengewässern. *Arkiv. för Geofysik* 3 : 155-254.

LÖFFLER, H., 1964 – The limnology of tropical high-mountain lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 15 : 176-193.

MONHEIM, F., 1956 – Beiträge zur Klimatologie und Hydrologie des Titicaca-beckens. *Heidelb. Geogr. Arb.* 1 : 1-152.

PARRA BARRIENTOS, O.O., 1979 – Revision der Gattung *Pediastrum* Meyen (Chlorophyta). Bibliotheca phycologica 48, Cramer, Vaduz, 183 p., 55 pl.

PRESCOTT, G.W., CROASDALE, H.T., VINYARD, W.C., 1972 – Desmidiales, Part. I : Saccodermae, Mesotaeniaceae. *In* : North American Flora, The New York Botanical Garden, ser. 2 (6) : 84 p.

PRESCOTT, G.W., CROASDALE, H.T., VINYARD, W.C., 1975-1977 – A synopsis of North American Desmids. Part 2. Desmidiaceae : Placodermae. Sect. 1 et 2. University of Nebraska Press, Lincoln and London : 275 et 413 p.

PRESCOTT, G.W., CROASDALE, H.T., VINYARD, W.C., BICUDO, C.E. de M., 1981 – A synopsis of North American Desmids. Part 2. Desmidiaceae, Placodermae. Sect. 3. University of Nebraska Press, Lincoln and London : 720 p.

PRESCOTT, G.W., BICUDO, C.E. de M., VINYARD, W.C., 1982 – A synopsis of North American Desmids. Part 2. Desmidiaceae : Placodermae. Sect. 4. University of Nebraska Press, Lincoln and London : 700 p.

PRINTZ, H., 1964 – Die Chaetophoralen der Binnengewasser. Junk, Den Haag : 376 p.

REYSSAC, J., DAO, N.T., 1977 – Sur quelques pêches de phytoplancton effectuées dans le lac Titicaca (Bolivie-Pérou) en décembre 1976. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol.* 11 (4) : 285-289.

RICHERSON, P.J., WIDMER, C., KITTEL, T., LANDA, A., 1975 – A survey of the physical and chemical limnology of Lake Titicaca. *Vehr. Internat. Verein. Limnol.*, 19 : 1498-1503.

RICHERSON, P.J., WIDMER, C., KITTEL, T., 1977 – The limnology of Lake Titicaca (Peru-Bolivia), a large high altitude tropical lake. Inst. Ecology. Univ. California, Davis, 14 : 78 p.

RUZICKA, J., 1977-1981 – Die Desmidiaceen Mitteleuropas. 1. Schweizerbart's Verlagsbuchhandlung. Stuttgart 1 : 292 p., 44 pl.; 2 : 293-736, pl. 45-117.

SERVANT-VILDARY, S., 1982 – Altitudinal zonation of mountainous Diatom flora in

Bolivia : application to the study of the Quaternary. *Act. Geol. Acad. Sc. Hungar.* 25 (1-2) : 179-210.

SILVA, P.C., MATTOX, K.R., BLACKWELL, W.H., 1972 — The generic name *Hormidium* as applied to Green Algae. *Taxon* 21 (5-6) : 639-645.

SKUJA, H., 1956 — Taxonomische und biologische Studien über das Phytoplankton schwedischer Binnengewässer. *Nov. Act. Reg. Soc. Sc. Upsal.*, 4, 16 (3) : 404 p., 63 pl.

SMITH, G.M., 1944 — A comparative study of the species of *Volvox*. *Trans. Amer. Micr. Soc.* 63 (4) : 265-310.

STARMACH, K., 1966 — Cyanophyta-Sinice. Flora slodkowodna polski, Warsawa, 2 : 806 p.

TEILING, E., 1967 — The desmid genus *Staurodesmus*. *Ark. f. Botanik*, 6-11 : 467-629, 31 pl.

TELL, G., 1980 — Le genre *Staurastrum* (Algues, Chlorophycées, Desmidiées) dans le nord-est de l'Argentine. *Bull. Mus. nat. Hist. nat.*, Paris, 4ème sér., 2 : 145-207.

THOMASSON, K., 1956 — Reflections on Arctic and Alpine Lakes. *Oikos* 7 (1) : 117-143.

TUTIN, T.G., 1940 — The Algae. *In* : Reports of the Percy Sladen Trust-expedition to lake Titicaca. 1937. *Trans. Linn. Soc. London*, 3è ser., 1 (11) : 191-202.

UHERKOVICH, G., 1966 — Die *Scenedesmus* - Arten Ungarns. Akädemiai Kiad Budapest : 173 p.

VAN DEN HOEK, C., 1963 — Revision of the european species of *Cladophora*. E.J. Brill, Leiden, 248 p., 55 pl.

VIDMER, C., KITTEL, T., RICHERSON, P.J., 1975 — A survey of the biological limnology of Lake Titicaca. *Vehr. Internat. Verein. Limn.* 19 . 1504-1510.

(accepté le 6 juillet 1984)

COMPTE-RENDU DU COLLOQUE
DE LA SOCIÉTÉ PHYCOLOGIQUE DE FRANCE

ANGERS
31 Mai, 1er et 2 Juin 1984

Ce colloque, dont le thème était «les Charophycées et les Algues associées, spécialement les Diatomées», s'est déroulé les 31 mai, 1er et 2 juin 1984 dans les locaux de l'Université Catholique de l'Ouest et du Laboratoire de Biologie végétale de Phytogéographie à Angers. Il a réuni une trentaine de participants, français et suisse, qui pendant deux jours et demi, ont présenté les résultats de leurs travaux, échangé leurs idées sur les divers aspects de la recherche concernant les Charophycées, les Diatomées et les Algues associées.

Onze communications, suivies de discussions, ont été données : elles traitaient d'une part de commensalisme et d'écologie de quelques Diatomées. D'autre part, différentes études sur les Characées actuelles (morphogenèse, caryologie, morphologie, écologie, phylogénie) et fossiles (paléoécologie, phylogénie) ont été exposées. Enfin, une journée fut consacrée à des travaux sur le terrain (écologie, phytosociologie) et à des récoltes de matériel d'étude.

The annual symposium of the French Phycological Society was held on the 31st May, 1st and 2nd June, 1984 in the Catholic University of Western France, Angers, and the Laboratory of the Plant Biology and Phytogeography, there. The theme was «The Charophyceae and the associated Algae, especially the Diatoms». Some thirty participants – French and Swiss – compared the different features of their researches.

Eleven papers were read and discussed. The first one dealt with the commensalism and the ecology of some Diatoms. Then again various studies on the living and fossil Characeae (morphogenesis, caryology, morphology, ecology, phylogeny) were explained. Lastly, one day was devoted to field studies (ecology, phytosociology) and collecting of plant samples.

LISTE DES PARTICIPANTS

Mlle ASTIÉ Monique, Université, Angers
Mlle AUDERSET Dominique, Université, Genève
M. BODARD Marcel, Université, Lille
M. BOURRELLY Pierre, Muséum Histoire Naturelle, Paris
Mme BRÉMOND Geneviève, C.N.R.S., Angers
Mme CASTELLA Chantal, Université, Lyon

M. CASTELLA Emmanuel, Université, Lyon
M. CORILLON Robert, Université Catholique, Angers
Mlle DEBRAUX Germaine, Université, Nantes - Angers
M. DIZERBO Auguste, Université, Brest - Crozon
M. DUCREUX Georges, Université, Orsay
Mme FEIST Monique, C.N.R.S., Montpellier
M. FEIST Helmut, C.N.R.S., Montpellier
M. GERMAIN Henry, Université, Angers
Mme GERMAIN, Angers
Mme GRAMBAST-FESSARD Nicole, Université, Montpellier
M. GRELON Jean, E.N.I.T.A.H., Angers
Mme GUERLESQUIN Micheline, C.N.R.S., Angers
M. HUGUET Pierre, Université, Poitiers
Mme LEITAO Maria, Université, Paris - Angers
Mlle LEMOYNE Simone, Université Catholique, Angers
Mme L'HARDY-HALOS Marie-Thérèse, C.N.R.S., Le Mans
Mlle MAGDA Danièle, Université, Tours - Angers
M. MAGNE Francis, Université, Paris
M. QUILLET Marcel, Université Catholique, Angers
Mlle RAVAIL Brigitte, Université, Nantes
Mme RIVELINE Janine, Université, Paris
M. ROBERT Jean-Michel, Université, Nantes
Mlle SERVIEN Elisabeth, Université, Paris - Angers
M. VAQUER André, C.N.R.S., Camargue
Mme WOLFERSBERGER Béatrice, Université, Orsay.

RÉSUMÉ DES COMMUNICATIONS

A. – *DIATOMÉES*

1) COMMENSALISME D'UNE NAVICULÉE AVEC UN *NITZSCHIA* : TROIS CAS. – Par Henry GERMAIN (Laboratoire de Botanique et Cryptogamie, Faculté de Pharmacie, 16 Bd. Daviers, 49000 Angers).

Trois cas de commensalisme ont été distingués. 1er cas - *Navicula lanceolata* (Agardh) Ehr. et *Nitzschia sociabilis* Hustedt. Il s'agit de tubes en général ramifiés fixés sur des pierres de ruisseaux à eau courante pouvant atteindre une végétation considérable. La formation de ces tubes qui semble facultative est actuellement inexpliquée. 2ème cas - *Cymbella prostrata* (Berkeley) Cleve avec le même *Nitzschia sociabilis*. Dans ce cas les tubes ne sont jamais ramifiés, ils se rencontrent en eaux calmes fixés sur les rives souvent parmi les macrophytes ou sur les objets flottants, bouées ou carènes de bateaux avec *Cladophora glomerata*. 3ème cas - (Marin) *Navicula ramosissima* Agardh et *Nitzschia perindistincta* Cholnoky. Ces tubes, très ramifiés, sont fixés dans des cuvettes de rochers découvrant aux basses mers ou sur des bouées de corps morts où ils peuvent abonder; le commensalisme n'est pas obligatoire mais fréquent.

(communication à paraître dans *Cryptogamie : Algologie*)

2) INFLUENCE DE LA SALINITÉ SUR LA MULTIPLICATION DU *SKELETONEMA COSTATUM* (GREVILLE) CLEVE DANS LES EAUX ESTUARIENNES DE LA LOIRE — Par Brigitte RAVAIL et Jean-Michel ROBERT (Laboratoire de Biologie Marine, C.R.E.M.A. L'HOUMEAU, Université de Nantes, 2 chemin de la Houssinière, 44072 Nantes Cedex).

L'étude de la fertilité potentielle d'eaux de l'estuaire de la Loire prélevées entre septembre 1981 et juillet 1982 a été estimée par la méthode des tests biologiques. Les expériences conduites *in vitro* sur des eaux de salinités différentes, comprises entre 1 et 26 ‰ et riches en sels nutritifs, montrent la grande plasticité de la diatomée planctonique, marine, *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, vis-à-vis du facteur salinité.

Le seuil halin en deçà duquel aucune croissance est observée, a pu être estimée à 8 ‰ que ce soit pour une souche isolée des eaux néritiques proches de l'estuaire (souche «Bouin») ou pour une souche provenant de Mer Méditerranée (souche «Marseille»). Cette méthode expérimentale réalisée sur des eaux naturelles, confirme les résultats connus pour différents clones de cette diatomée. Des deux souches testées, celle de «Bouin» apparaît la moins sensible aux fluctuations de salinité. L'indice halin des eaux estuariennes de la Loire peut être considéré comme un élément décisif de la distribution de *S. costatum* dans cette zone d'échange entre Océan et continent.

B. — *CHAROPHYCÉES*

3) LES CHAROPHYCÉES : DES MODELES BIOLOGIQUES REMARQUABLES. — Par Georges DUCREUX (Laboratoire d'Étude et d'Exploitation du Polymorphisme végétal associé au C.N.R.S., Bât. 360, Faculté des Sciences, 91405 Orsay Cedex).

Malgré une organisation morphologique complexe permettant la référence aux plantes supérieures, l'appareil végétatif et reproducteur des Charophycées est réalisé sur la base d'une structure cellulaire simple, dont la filiation résulte d'une ontogenèse rigoureuse, et qui est caractérisée par deux lignées cellulaires : nodale et internodale. Plantes bien étudiées au plan systématique, génétique, cytologique et cultivables en conditions axéniques, elles permettent des investigations expérimentales, au moyen des techniques les plus modernes, dans les domaines de la biologie du développement et de la biologie cellulaire. Sur la base de travaux récents quelques exemples sont donnés dans les domaines : du contrôle corrélatif du développement, de la cytomorphogenèse et de la caractérisation des lignées cellulaires constitutives de la plante. Les Charophycées sont des modèles remarquables pour la compréhension des mécanismes cellulaires impliqués dans le développement de l'organisme végétal.

(communication à paraître dans *Cryptogamie : Algologie*)

4) NOMBRES CHROMOSOMIQUES ET PLOIDIE CHEZ LES CHAROPHYTES. — Par Micheline GUERLESQUIN (Institut de Recherche Fondamentale et Appliquée, Laboratoire de Biologie végétale et de Phytogéographie, 3, Place André Leroy, B. P. 808, 49005 Angers Cedex).

L'auteur fait une révision des nombres chromosomiques publiés chez différentes micro-espèces de Characées en précisant leur appartenance floristique et leur répartition géographique. Cette mise au point permet de compléter la liste des nombres de base déjà publiée et de proposer quelques nombres de base complémentaires au niveau des deux Tribus : Chareae (x = 5, 6, 7 et 8) et Nitelleae (x = 3, 5, 8 et 11) et pour les six genres actuels de la famille : *Chara* (x = 6, 7 et 8), *Lamprothamnium* (x = 5, 7 et 8), *Lychnothamnus* et *Nitellopsis* (x = 7), *Nitella* (x = 3) et *Tolypella* (x = 3, 5, 8 et 11).

(voir p. 115)

5) NOUVELLES OBSERVATIONS SUR *TOLYPELLA ANTARCTICA* (A. BR.) R. COR. CHARACÉE ENDÉMIQUE AUSTRALE (ILES KERGUELEN). — Par Robert CORILLION* et Bruno REVIERS** (*I. R. F. A., Laboratoire de Biologie Végétale et de Phytogéographie, 3 Place André Leroy, B.P. 808, 49005 Angers Cedex; ** Biogéographie et Écologie benthique, B.V.M., 7 quai Saint-Bernard, 75230 Paris Cedex 05).

L'étude de stations d'eau courante à *Tolypella antarctica* (A. Br.) R. Cor. permet de préciser quelques particularités originales de la végétation de cette Characée endémique des îles Kerguelen. L'influence de conditions stationnelles et climatiques sévères entraîne diverses modifications de l'appareil végétatif (phylloïdes, système bulbillifère) et reproducteur, en liaison avec la dégradation de la sexualité.

(communication à paraître dans *Cryptogamie : Algologie*)

6) CHAROPHYTES FOSSILES : REMARQUES PALÉOÉCOLOGIQUES ET PALÉOGÉOGRAPHIQUES. — Par Janine RIVELINE (Laboratoire de Géologie des Bassins sédimentaires, T. 14-15, E 4, Université P. et M. Curie, 4 Place Jussieu, 75230 Paris Cedex 05).

Des indices laissent á penser qu'il y ait lieu de distinguer, tout comme chez les formes actuelles, Charophytes halophiles et Charophytes halophobes. Les premières sont restreintes au domaine saumâtre, les secondes peuvent s'adapter á une certaine salinité des eaux. Il est émis, d'autre part, l'hypothèse que les milieux dulçaquicoles constituent des niches écologiques privilégiées dans lesquelles prennent naissance les nouveaux taxons, occasionnant ainsi un provincialisme de caractère temporaire. Le provincialisme qui s'instaure au Cuiso-Lutétien en Europe est d'un tout autre ordre, dont les raisons sont probablement à relier á des facteurs d'ordre climatique.

(communication á paraître dans *Cryptogamie* : *Algologie*)

7) PLAQUE BASALE ET PHYLOGÉNIE CHEZ LES CHAROPHYTES : L'APPORT DES FORMES JURASSIQUES. — Par Monique FEIST et Nicole GRAMBAST-FESSARD (Laboratoire de Paléobotanique, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Place Eugène Bataillon, 34060 Montpellier).

Chez les Charophytes, la plaque basale, qui correspond à la calcification de la ou des cellules-sœurs de l'oosphère, s'est révélée une structure importante á considérer du point de vue systématique á l'échelle du genre (GRAMBAST, 1956). Cette plaque peut être simple, de formes variées, ou multipartite. Une telle plaque composée, connue chez les *Tolypella* fossiles du Crétacé à l'Oligocéne, a été découverte récemment chez des représentants du genre *Latochara* au Jurassique inférieur (FEIST et CUBAYNES, 1984) et du genre *Musacchiella* du Jurassique moyen (FEIST et GRAMBAST-FESSARD, 1984). Ceci révèle l'ancienneté de cette structure et apporte des indications intéressantes sur l'origine possible des actuels *Tolypella* sect. *Tolypella* et *Nitella* (chez lesquels les trois cellules-sœurs ainsi que la fructification ne calcifient pas), sans qu'il soit possible toutefois de reconstituer de lignée directe par l'intermédiaire des formes crétacées et oligocènes.

8) RÉPARTITION DES CHARACÉES DANS LES BRAS MORTS DU HAUT-RHÔNE ET DE L'AIN ET LEUR SIGNIFICATION ÉCOLOGIQUE. — Par Chantal CASTELLA et C. AMOROS (LA C.N.R.S. 367, Université Claude Bernard, Lyon I, 43 Bd du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne).

Une étude de la végétation aquatique dans 33 bras-morts du Haut-Rhône français et du cours inférieur de l'Ain révèle la présence de Characées dans 17 de ces biotopes. La répartition des Characées est mise en relation avec l'origine de l'eau, la nature du substrat, la profondeur et la végétation phanérogamique associée. Les Characées ne sont présentes que dans les bras-morts alimentés par de l'eau souterraine (para-écoulements fluviaux ou nappes phréatiques) á l'exception d'une part des milieux recevant des eaux usées d'origine anthropique et d'autre part des milieux où les facteurs physiques leur sont défavorables (substrat

trop grossier, courants). Les applications de cette relation entre la présence des Characées et l'origine de l'eau sont discutées dans un contexte de gestion écologique des plaines fluviales.

(voir p. 127)

9) RÉFLEXIONS SUR LES MODIFICATIONS RÉCENTES DE LA FLORE DES CHARACÉES DU NORD-OUEST DE LA FRANCE. — Par Robert CORILLION (I.R.F.A.; Laboratoire de Biologie végétale et de Phytogéographie, 3 Place André Leroy, B. P. 808, 49005 Angers Cedex).

Une étude de la modification des végétations de Characées dans le nord-ouest de la France a été entreprise á partir de données relatives à 237 localités armoricaines et de zones-témoins (régions d'Angers, Bas-Maine, baie d'Audierne) ayant fait l'objet d'une prospection attentive au cours des années 1945-1955 (Cf. R. CORILLION, Les Charophycées de France et d'Europe occidentale, 1957).

Malgré les difficultés inhérentes á l'examen des milieux aquatiques il est, en effet, possible d'atteindre une approche satisfaisante des faits relatifs à la régression des populations de Characées et des espèces elles-mêmes.

Pendant la période de 30 années écoulées depuis le premier bilan, l'appauvrissement notable de la flore s'est manifesté puis accéléré d'une manière souvent spectaculaire. Il apparaît en toutes régions, mais surtout dans le domaine littoral (eaux saumâtres, alcalino-saumâtres), et dans les divers milieux d'eau douce enclavés dans les zones cultivées.

La régression ou l'extinction des populations et des espèces ne relève pas d'une cause unique. Les régession provoquées (altération des milieux par divers aménagements, assèchements, drainages, etc.) ou induites (Cf. l'entraînement des produits chimiques vers les masses d'eau) l'emportent beaucoup sur les régressions spontanées (influence de la concurrence végétale et du dynamisme de la végétation).

En toutes régions armoricaines l'équilibre et la densité des végétations de Characées ont été profondément atteints. D'où l'extinction progressive des anciennes populations de *Chara* dans de nombreux étangs ou lagunes, la disparition d'espèces exceptionnelles parce que très spécialisées écologiquement (Cf. *Lamprothamnium papulosum* (Wallr.) J. Gr., *Chara canescens* Desv. des marais salés et saumâtres) et la raréfaction de nombreuses espèces.

Il est possible d'estimer á 78 le nombre des localités á Characées les plus affectées par les faits mentionnés ci-dessus, soit 33 % de l'ensemble des localités initialement recensées.

Ces régressions atteignent d'autres régions d'Europe et rappellent les faits du même ordre relatifs à la flore terrestre (Phanérogames) tels qu'ils ont été mis en évidence par diverses études récentes (Cf. G.G. AYMONIN, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, Lettres bot., 1980 (2), 187-195).

10) CHARACÉES ET MICROFLORE ALGALE. — Par André VAQUER (Centre d'Écologie de Camargue, C.N.R.S., Le Sambuc, 13200 Arles).

Résumé non communiqué.

11) CHAROPHYCÉES ET PHYLOGÉNIE. — Par Marcel BODARD (Laboratoire d'Algologie et de Biologie végétale marine, Université de Lille 1, 59655 Villeneuve d'Ascq).

Dans de nombreux travaux, parus ces dernières années, les algologues ont évoqué les liens qui pouvaient exister entre les plantes supérieures, les Chlorophycées et les organismes les plus primitifs. On doit ces enchaînements à PICKETT-HEAPS et MARCHANT, STEWART et MATTOX, MULLENHAUER et HAGENAU ainsi qu'á CHADEFAUD. Ce dernier a créé une nouvelle sous-classe, les Phragmophycées, où se trouvent rassemblées Charales, Coléochaetales, Klebsormidiales qui, voisines des Zygophycées, vont des Prasinophycées aux plantes supérieures. L'essentiel des arguments apportés sont cytologiques, biochimiques et biologiques; ils sont ici développés, augmentés des acquis les plus récents conduisant á distinguer quatre sous-classes de Chlorophycées. Ces enchaînements doivent être étudiés et développés chez les algues comme c'est le cas chez les Spermatophytes; il convient de

rechercher les grands principes de ces enchaînements qui peuvent être différents comme l'a suggéré CHADEFAUD chez les Rhodophycées, les Chromophycées et les Chlorophycées.

NOMBRES CHROMOSOMIQUES ET PLOÏDIE CHEZ LES CHAROPHYTES*

M. CUERLE

RÉSUMÉ. — L'auteur fait une révision des nombres chromosomiques publiés chez différentes microespèces de Characées en précisant leur appartenance floristique et leur répartition géographique. Cette mise au point permet de compléter la liste des nombres de base déjà publiée et de proposer quelques nombres de base complémentaires au niveau des deux Tribus : Chareae (x = 5, 6, 7 et 8) et Nitelleae (x = 3, 5, 8 et 11) et pour les six genres actuels de la famille : *Chara* (x = 6, 7 et 8), *Lamprothamnium* (x = 5, 7 et 8), *Lychnothamnus* et *Nitellopsis* (x = 7), *Nitella* (x = 3) et *Tolypella* (x = 3, 5, 8 et 11).

ABSTRACT. — The chromosome numbers in some microspecies of Characeae have been reviewed in connection with their floristic elements and distribution. This restatement gives the opportunity to complete the list of the previously published basic chromosome numbers and to propound some complementary basic numbers for both Tribes : Chareae (x = 5, 6, 7, 8) and Nitelleae (x = 3, 5, 8, 11) and for the six genera of the Characeae : *Chara* (x = 6, 7, 8), *Lamprothamnium* (x = 5, 7, 8), *Lychnothamnus* and *Nitellopsis* (x = 7), *Nitella* (x = 3) and *Tolypella* (x = 3, 5, 8, 11).

MOTS CLÉS : Charophyceae, *Chara, Lamprothamnium, Lychnothamnus, Nitellopsis Nitella, Tolypella,* nombres chromosomiques, ploïdie, nombres de base.

La famille actuelle des Characées comprend 81 espèces si l'on se réfère à l'importante Monographie de WOOD et IMAHORI (1965) ou 419 microespèces[1] selon le travail présenté par KHAN (1982) au 1er Congrès International de Phycologie de St John's de Terre Neuve, Canada, mais non encore publié. Elle se divise en 2 Tribus et 6 genres dont le plus important est le genre *Nitella* avec

1. En utilisant la terminologie de WOOD, nous ne cautionnons nullement le statut de «microespèces» à la majorité des espèces du Globe. La position de WOOD est très contestée en raison de la réduction excessive du nombre des espèces et du regroupement de taxons dont quelques-uns ne se justifient pas et d'autres restent très douteux.

* Communication présentée le 31 mai 1984 au Colloque de la Société Phycologique de France à Angers.

** Institut de Recherche Fondamentale et Appliquée Laboratoire de Biologie Végétale et de Phytogéographie - 3 Place André-Leroy, B. P. 808 - 49005 Angers Cedex.

209 microespèces (50 % de la famille) dont seulement 19 sont présentes en Europe. Le genre *Chara* possède 180 microespèces (43 %) dont 53 sont connues en Europe. Les autres genres ne comprennent que peu d'espèces : *Tolypella* (15 microespèces, 3,5 % dont 9 en Europe), *Lamprothamnium* (8 microespèces, 2 % dont 6 en Europe), *Lychnothamnus* (4 microespèces, 1 % dont 2 en Europe) et *Nitellopsis* (3 microespèces, 0,5 % dont 1 en Europe). Au total, 90 microespèces représentant 21,5 % de la flore mondiale sont actuellement recensées en Europe (tab. 1).

GENRE	MICROESPÈCES		
	Nombre total	Europe	France
CHARA	180	53	27
LAMPROTHAMNIUM	8	6	1
LYCHNOTHAMNUS	4	2	0
NITELLOPSIS	3	1	1
NITELLA	209	19	15
TOLYPELLA	15	9	6
Total	419	90	50
%		21,5%	11,9%

Tableau 1. — Répartition des microespèces selon leur origine.

CORTEGES FLORISTIQUES

Divers cortèges floristiques composent la flore européenne d'où sont évidemment absentes les espèces tropicales et subtropicales. Le cosmopolitisme est faible (7 microespèces, 1,6 %), les éléments subcosmopolites sont un peu mieux

ELEMENT	CHARA		NITELLA		TOLYPELLA	
	Europe	France	Europe	France	Europe	France
COSMOPOLITE	4	4	2	2	1	1
SUBCOSMOPOLITE	7	3	8	7	3	3
EUROPEEN	24	7	4	2	4	1

Tableau 2. — Répartition des microespèces par élément.

représentés (20 microespèces, 4,8 %). Trente-sept microespèces sont strictement européennes «endémiques» (8,8 %). Les éléments de l'Ancien Monde (Eurasie et Nord de l'Afrique) sont au nombre de 19 (4,5 %) auxquels s'ajoutent 6 microespèces (1,4 %) présentes en outre en Amérique du Nord (tabl. 2).

Quelques taxons possèdent une aire de répartition très disjointe, tels *Chara strigosa*[2] connu en Europe du Nord et en Europe centrale, au Maroc et en Inde, *Chara liljebladii* signalé en Europe et en Amérique du Sud, *Lychnothamnus barbatus* connu en Europe centrale, en Inde et en Australie, *Tolypella nidifica* dont le littoral de la Mer Baltique constitue le principal centre de répartition avec quelques stations recensées le long de la mer du Nord, de l'Atlantique (Irlande et France) et de la Méditerranée (France, Italie, Corse, Algérie). *Tolypella hispanica* est dispersé sur le pourtour du Bassin méditerranéen en Europe et en Afrique du Nord, en Iran et en Inde.

Certaines microespèces peuvent être considérées comme des reliques : *Lychnothamnus barbatus, Nitellopsis obtusa, Tolypella prolifera.*

LES STOCKS CHROMOSOMIQUES ET LEUR PLOÏDIE

Les nombres chromosomiques d'un certain pourcentage de microespèces (plus de 170, 41 %) ont été déterminés dans différentes régions d'Europe occidentale, au Sénégal, en Inde, aux U.S.A. et au Japon, ainsi que dans quelques îles du Pacifique. KHAN en a dressé la liste (1982) que j'ai complétée après un récent séjour en Inde.

Dans l'état actuel des connaissances, il est possible de proposer quelques hypothèses et d'émettre certaines conclusions.

I. – Le genre *Chara*

1. Le complexe *C. vulgaris* et le *C. contraria*, qui lui est apparenté puisque WOOD et IMAHORI (1965) le considèrent comme une simple forme du *C. vulgaris*, possède de nombreuses lignées chromosomiques que nous avons regroupées dans deux tableaux (3 et 4) qui mettent en évidence une même amplitude des valeurs chromosomiques (n = 14 à 42), mais chez *C. vulgaris* la lignée à 14 chromosomes est la plus répandue tandis que chez *C. contraria*, c'est la lignée à 28 chromosomes.

2. Les taxons regroupés dans l'espèce *C. hispida* qui peuplent l'Eurasie et le Nord de l'Afrique présentent une lignée à 28 chromosomes largement répandue et une autre à 36 chromosomes limitée à l'Allemagne.

3. Le cas du *C. globularis* s. str. est beaucoup plus complexe puisque huit nombres chromosomiques ont été publiés révélant l'existence de deux lignées (x = 7 et 8) auxquelles il faut ajouter deux valeurs aneuploïdes qui sont matérialisées dans le tableau 5.

---

2. Nomenclature et systématique de CORILLON (1955) pour les espèces européennes et WOOD et IMAHORI (1965) pour les espèces tropicales.

CHARA VULGARIS	14	*16*	*18*	28	35	42
FRANCE	X	.	.	X	.	.
* EUROPE MERIDIONALE	X	.	.	.	.	.
**EUROPE SEPTENTRIONALE	.	.	.	X	.	.
ALLEMAGNE	.	*x*	*x*	.	.	.
AFRIQUE DU NORD	X	.	.	.	.	
ISRAEL	X	.	.	X	.	
OUZBEKISTAN	X	.	.	.	.	
INDE	X	.	.	X	X***	
U.S.A.	X	.	.	.	.	.
PEROU	.	.	.	.	.	X
AUSTRALIE	.	.	.	X	.	.

* Autriche, Luxembourg, Italie, Espagne. ** Belgique, Danemark. *** sub nomine *C. vulgaris* F *atrovirens*.

Tableau 3. — Valeurs chromosomiques publiées chez *Chara vulgaris* avec l'origine géographique des échantillons (en italique, les valeurs aneuploïdes).

CHARA CONTRARIA	14	*26*	28	*CA 30*	*CA 40*	42
FRANCE	.	.	X	.	.	
AUTRICHE	.	*x*	X	.		.
POLOGNE	.	.	X	.	*x*	.
ALLEMAGNE	.			*x*	.	
AFRIQUE DU NORD	.	.	X	.	.	.
ISRAEL	.	.	X	.	.	.
OUZBEKISTAN	.	.	X	.	.	.
INDE	.	.	X	.	.	.
U.S.A.	X	.	X	.	.	X
BOLIVIE	.	.	X	.	.	.
ESPAGNE	.	.	X	.	.	

Tableau 4. — Valeurs chromosomiques publiées chez *Chara contraria* avec l'origine géographique des échantillons (en italique, les valeurs aneuploïdes).

Chara virgata, apparenté au *C. globularis* dont WOOD et IMAHORI (1965) font une variété, offre les deux mêmes lignées (x = 7 et 8), mais bien que les observations chromosomiques soient moins nombreuses, le spectre de leurs valeurs est plus large (n = 14 à 77) au lieu de (n = 14 à 70) dans le cas précédent et ne présente pas de valeurs aneuploïdes (tabl. 6).

PAYS \ n	X = 7				X = 8				
	14	28	42	70	16	*18*	*20*	24	32
FRANCE, GB	.	.	.	.	.	.	.	.	X
BELGIQUE		.	.	.	.	.	.	X	X
PORTUGAL	.	.	.	.	X	.	.	.	.
ALLEMAGNE	.		.	.	.	X	.	X	.
AUTRICHE	.	.	.	.	.	.	X	.	
POLOGNE	.	.	.		.	.	.	X	.
ESPAGNE	.	.	X	.	.	.	.	X	.
MAROC	.		.	.	.	.	.	X	.
INDE	X	X	.	.	.	.	.	.	.
OUZBEKISTAN	.	X	.	.		.	.	.	.
ISRAEL	.	X	X	.	.	.	.	.	.
JAPON	.	X		.	.	.	.	.	.
AUSTRALIE	.	.	.	.	.	.	.	X	.
U.S.A.	.	X	.	X	X	.	.	.	.

Tableau 5. — Valeurs chromosomiques publiées chez *Chara globularis* avec l'origine géographique des échantillons (en italique, les valeurs aneuploïdes).

PAYS \ n	X = 7				X = 8	
	14	28	42	77	24	40
ALLEMAGNE	.	.	.		X	.
INDE	X	X	.		.	.
OUZBEKISTAN	.	.	X	.	.	.
U.S.A.	.	.	X	X .	.	X

Tableau 6. — Valeurs chromosomiques publiées chez *Chara globularis* var. *virgata (C. delicatula)* avec l'origine géographique des échantillons.

4. Les taxons dioïques qui sont apparentés au *C. globularis* possèdent tous des stocks de 14 chromosomes soit qu'ils présentent une large répartition dans l'Hémisphère Nord comme *C. aspera* (connu dans toute l'Europe, mais étudié en France, Angleterre, Espagne, Italie, Amérique du Nord, Afrique du Nord, Inde, Turkestan), soit qu'ils peuplent une aire restreinte à l'Hémisphère Est comme *C. connivens*, (France, Angleterre, Espagne, Italie, Afrique du Nord, Israël). Toutefois, la valeur aneuploïde 12 a été signalée dans le Nord de l'Allemagne pour *C. aspera*.

5. *Chara canescens*, espèce dioïque parthénogénétique, dont les pieds mâles ont une répartition très limitée et restreinte, possède 4 lignées chromosomiques : n = 12 en Hongrie, n = 18 en Allemagne, n = 24 en Suède et au Danemark, n = 28 en Ouzbekistan et aux U.S.A.

6. *Chara braunii*, cosmopolite, présente 5 lignées chromosomiques (n = 12, 14, 18, 28, 42) ce qui laisse supposer l'existence de deux nombres de base (x = 6 et 7) (tabl. 7).

PAYS \ n	X = 6		X = 7		
	12	18	14	28	42
FRANCE	X	.	.	.	.
INDE	.	.	X	X	X
OUZBEKISTAN	.	.	X	.	.
PAKISTAN	.	.	X	.	.
ISRAEL	.	.	X	.	.
JAPON	.	.	X	.	.
U.S.A.	.	.	X	.	.
ARGENTINE	.	.	X	.	.
AUSTRALIE	.	X	.	.	.
NOUVELLE ZELANDE	.	.	.	X	.

Tableau 7. — Valeurs chromosomiques publiées chez *Chara braunii* avec l'origine géographique des échantillons.

Jusqu'à maintenant, aucune valeur aneuploïde n'est signalée dans cette espèce.

Les auteurs sont d'accord sur le nombre de base x = 7 dans le genre *Chara*. L'observation de lignées différentes multiples de 6 (*C. vulgaris*, *C. canescens*, *C. braunii*) et de 8 (*C. vulgaris*, *C. globularis*, *C. virgata*) incitent à proposer deux nombres de base secondaires complémentaires : x = 6 et 8.

II. — Genre *Lamprothamnium*

Plusieurs nombres chromosomiques ont été publiés chez *L. papulosum*.

France	n = ca 25, ca 50
Allemagne	n = ca 50
Danemark	n = 56
Ouzbekistan	n = 70, 72
Australie	n = 14, 20, 30

En outre, deux espèces tropicales ont fait l'objet d'observations chromosomiques : *L. macropogon* (n = 28, 56) et *L. succinctum* (n = 14, 42). Il est alors possible de proposer trois nombres de base (x = 5, 7 et 8) pour ce genre pauci-spécifique.

III. — Genre *Nitellopsis*

Une seule espèce a fait l'objet de numérations chromosomiques, *N. obtusa* avec une seule lignée à 14 chromosomes chez cette espèce dioïque : Allemagne, Pologne, Ouzbekistan.

IV. – Genre *Nitella*

Certaines microespèces subcosmopolites possèdent une seule lignée chromosomique : tels *Nitella flexilis* (x = 12, Europe, Japon, U.S.A.), *N. confervacea* (n = 18, Europe, Inde) ou deux lignées : *N. opaca* (n = 6 et 12 en Europe, n = 6 en Inde et aux U.S.A.), voire même trois lignées polyploïdes : *N. tenuissima* (n = 9 aux U.S.A., n = 18 et 36 en Inde) et *N. mucronata* (n = 18 en France et au Sénégal, n = 12, 18 et 36 en Inde). D'autres taxons cosmopolites offrent, en plus des lignées polyploïdes, des valeurs aneuploïdes. C'est le cas du *N. gracilis* :

France	n = 18
Inde, Japon	n = 18
Allemagne	n = *17*
U.S.A.	n = *34*

(en italique, les valeurs aneuploïdes)

La diversité des stocks chromosomiques du *N. hyalina* est plus grande. Chez cette espèce, les territoires insulaires n'hébergent que la lignée à 18 chromosomes (tabl. 8).

n / PAYS	X = 3					
	12	*14*	15	*16*	18	33
FRANCE	.	.	.	X	X	.
SUISSE	.	.	.		X	.
INDE	X	.	X	.	X	X
OUZBEKISTAN	.	.	.	.	X	.
JAPON	.		.		X	.
U.S.A.	X	X	.		X	.
NOUVELLE CALEDONIE	.	.		.	X	.

Tableau 8. – Valeurs chromosomiques publiées chez *Nitella hyalina* avec l'origine géographique des échantillons (en italique, les valeurs aneuploïdes).

C'est en Inde qu'est recensé le plus grand nombre de valeurs chromosomiques dans le genre *Nitella* (n = 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 33, 36). Toutes ces valeurs étant multiples de 3, les spécialistes sont d'accord pour suivre SARMA et KHAN (1964) qui proposèrent x = 3 comme nombre de base du genre *Nitella*.

V. – Genre *Tolypella* (tabl. 9).

La section *Acutifolia (Rothia* R.D.W.) qui n'a pas de représentants dioïques possède cependant les plus faibles valeurs chromosomiques (n =8 à 12) même chez *T. intricata*, subcosmopolite (n = 11).

PAYS \ n	ACUTIFOLIA 8	9	10 (OBTUSIFOLIA →)	11	12	15	20	25	33	42	50
FRANCE	.	.	Th°, Tp		.	Tg	Tg, Tn	.		.	Ts
ALLEMAGNE	.	.	.	.	.		.	.		Tn	
ITALIE	.		Th°	.	.	.	Tg	Tn	.	.	.
ESPAGNE	.	.	Th°, Tp	.		.	.	.	.	.	.
MAROC		.	Th°	.	.	.	.	.	.	.	.
TUNISIE	.	.	.	.	.	Tg	.	.	.	.	.
LIBYE	.	.	.	.	.	.	Tn	.	.	.	.
INDE		.		Tg, Tp	.	.	.	.	.	.	.
U.S.A.	Tb	Tp	.	Ti, Tix, Thp°, Tp	Tix		.	.	Tg		
CANADA	Tca		.	Tp		.	.	.	Tco	.	.

Tableau 9. — Valeurs chromosomiques publiées chez les microespèces de *Tolypella* avec leur origine géographique (Am. : américaine; C : cosmopolite, E : européenne; N : hémisphère nord; SC : subcosmopolite). ° espèce dioïque.

Tb, *T. boldii* (Am.); Tca, *T. canadensis* (Am.); Tco, *T. comosa* (Am.); Tg, *T. glomerata* (C); Th°, *T. hispanica* (N); Tix, *T. intertexta* (Am.); Ti, *T. intricata* (SC); Tn, *T. nidifica* (SC); Thp°, *T. porteri* (Am.); Tp, *T. prolifera* (SC); Ts, *T. salina* (Eur.).

La section *Obtusifolia (Tolypella* R.D.W.) présente un large spectre chromosomique (n = 10 à 50) et les deux microespèces dioïques de la section ont des stocks chromosomiques faibles : *T. hispanica* (n = 10) et *T. porteri* (n = 11), comme nous l'avons déjà mentionné dans les autres genres de Characées. *T. glomerata*, cosmopolite, et *T. nidifica*, subcosmopolite, possèdent plusieurs stocks chromosomiques (n = 11 à 33 pour *T. glomerata*, n= 20 à 42 pour *T. nidifica*).

Nous avions proposé (CORILLION et GUERLESQUIN, 1959) comme nombre de base x = 5 pour le genre *Tolypella* qui ne semble plus convenir avec les observations effectuées ultérieurement. Dans un article récent, BHATNAGAR (1983) fait le point des études publiées sur le genre *Tolypella* et à la suite de HOTCHKISS (1966) et SAWA (1974) propose trois nombres de base (x = 5, 8 et 11). Il semble nécessaire d'y ajouter x = 3, nombre déjà admis dans le genre *Nitella* qui forme avec lui les Nitellées, ce que nous résumons ci-après :

x = 3 pour n = 9, 12, *15*, *33*, 42
x = 5 n = 10, *15*, 20, 25, 50
x = 8 n = 8
x = 11 n = 11, *33*

Les stocks *15* et *33* chromosomes pouvant être interprétés de deux manières.

Actuellement, l'étude des nombres chromosomiques, effectuée seulement sur une quarantaine d'espèces en Europe (sur 90, 44 %), est très poussée en Inde où l'on connaît les stocks chromosomiques d'une centaine de taxons

(sur 120, 80 %). Les recherches cytotaxinomiques dans les autres régions du Globe sont beaucoup moins avancées : U.S,A., Canada, Australie, Amérique du Sud, Afrique où des observations ont été réalisées sur des espèces du Maroc, de Tunisie et du Sénégal. En Asie, des recherches sont entreprises en Israël et en Ouzbekistan; à ma connaissance, aucune valeur chromosomique n'est encore publiée pour des taxons originaires de Chine.

L'ensemble des observations chromosomiques effectuées sur les Characées permet de dégager quelques conclusions.

La présence de lignées chromosomiques polyploïdes est confirmée dans les genres *Chara* (n = *14*, 28, 35, 42, 49, 56, 70 et 77, n = 16, 24 et 32), *Nitella* (n = *6*, *9*, *12*, 15, 18, 21, 24, 27, 33, 36, 42), *Tolypella* (n = *10*, 15, 20, 25 et 50, n = 9, 12, 15, 33 et 42). Dans ces genres ainsi que chez *Nitellopsis* (n = *14*); les espèces dioïques possèdent des nombres chromosomiques de faible valeur (nombre en italique). De plus, chez quelques espèces, le caryotype du sujet mâle se différencie par la présence d'un chromosome nettement plus long : *Tolypella hispanica*, *Chara tomentosa*, *C. imperfecta*, *C. aspera*, *C. galioides*. Enfin, les *Chara* monoïques à gamétanges disjoints (anthéridie et oogone répartis sur des nœuds différents d'un même phylloïde) possèdent également des nombres chromosomiques peu élevés (n = 14 chez *Chara crassicaulis* var. *segregata*, *C. rabenhorstii*, *C. oedophylla*).

Dans l'espèce complexe *C. vulgaris*, il existe une relation entre le nombre chromosomique de faible valeur et certaines particularités de la cortication. Ainsi, quelques taxons à cortication restreinte ou absente sur les segments des phylloïdes, tels *C. vulgaris* var. *gymnophylla*, *C. vulgaris* fa. *paragymnophylla*, *C. conimbrigensis*, *Chara imperfecta* dont la cortication est souvent réduite aux polysiphons primaires, n'ont que 14 chromosomes.

Le pourtour du bassin méditerranéen est surtout peuplé de taxons du genre *Chara* à 14 chromosomes. Lorsque des éléments forment une série polyploïde (*C. vulgaris* et *C. longibracteata* à n = 14 et 28, *C. globularis* à n = 24 et 32), les lignées à nombre chromosomique plus élevé occupent les régions septentrionales et celles à valeur plus faible les régions méridionales, ce qui rappelle certaines données relatives à la flore vasculaire. Il est également important de souligner que les plantes appartenant à ces diverses lignées sont morphologiquement identiques et impossibles à différencier macroscopiquement et autrement que par la numération chromosomique. Elles ne cohabitent pas dans les mêmes milieux aquatiques; mais dans l'ouest de la France, les deux lignées à 14 et 28 chromosomes peuvent être observées chez *C. vulgaris* et *C. longibracteata*. L'existence de deux races écologiques semble confirmée chez *Nitella opaca* : la lignée à 6 chromosomes dans les milieux subneutres ou légèrement alcalins et celle à 12 chromosomes dans les biotopes acides.

Dans quelques cas, il est possible d'établir une relation entre l'aptitude d'un taxon à différencier plusieurs stocks chromosomiques et à étendre son aire de répartition. Ainsi les espèces qui présentent une grande variété de nombres chromosomiques possèdent fréquemment une aire de répartition très large : *Chara globularis*, espèce cosmopolite, en est un bon exemple (9 valeurs, n = 14, 16, 18, ca 20, 24, 28, 32, 42, ca 70).

En se limitant aux taxons diplostiques du genre *Chara* présents en Europe dont les caryotypes nous sont mieux connus, deux lignées caryologiques semblent se dessiner : l'une avec 14 chromosomes comprendrait : *C. imperfecta* et *tomentosa* dioïques et la plupart des taxons monoïques subordonnés au *C. vulgaris (C. gymnophylla, C. crassicaulis, C. rabenhorstii, C. oedophylla)*; l'autre à 28 chromosomes engloberait les taxons monoïques rattachés au *C. hispida (C. baltica, C. polyacantha, C. major, C. intermedia, C. strigosa)*, au *C. contraria (C. hispidula)* ainsi que les lignées septentrionales de *C. vulgaris*.

Il est certain que la polyploïdie (qu'elle soit euploïde ou aneuploïde) a joué un rôle important dans la spéciation aussi bien que dans l'extension des aires géographiques. Une meilleure connaissance des lignées chromosomiques est en outre un appui important en taxinomie pour délimiter plus exactement les entités morphologiques entre elles. L'ensemble des données morphologiques, anatomiques, cytologiques, met en évidence, dans certains cas, l'impossibilité de suivre les propositions de regroupement de taxons ou de fusion d'espèces publiées par WOOD et IMAHORI (1965). Un exemple illustrera l'apport que peut apporter la valeur du stock chromosomique à la taxinomie.

CORILLION (1955) classe *C. strigosa* à 28 chromosomes parmi les espèces diplostiques monoïques rattachées à *C. hispida* (n = 28) en précisant que la cortication irrégulière peut être parfois triplostique. WOOD et IMAHORI (1965) rangent *C. strigosa* monoïque à 28 chromosomes dans la variété *aspera* du *C. globularis*, dioïque à 14 chromosomes, en précisant que la cortication est irrégulièrement triplostique. La cytologie vient confirmer le classement proposé par CORILLION.

De même, il n'est pas possible de considérer les taxons dioïques comme de simples variants génétiques des espèces monoïques comme WOOD et IMAHORI (1965) l'ont fait.

Le tableau 10 regroupe les valeurs proposées comme nombre de base par les différents auteurs dans les six genres de Charophytes actuels. L'examen

	X	3	5	6	7	8	11
CHAREAE	CHARA	.	.	X	X	X	.
	LAMPROTHAMNIUM		X	.	X	X	
	LYCHNOTHAMNUS		.	.	X	.	
	NITELLOPSIS	.	.	.	X	.	
NITELLAEA	NITELLA	X	.	.			
	TOLYPELLA	X	X			X	X

Tableau 10. — Valeurs des nombres de base proposées chez les Charophytes.

de ce tableau montre que les nombres de base sont plus diversifiés chez les Nitelleae ($x = 3$, 5, 8 et 11) et demeurent groupés chez les Chareae ($x = 5$, 6, 7 et 8). Le nombre $x = 7$, inconnu chez les Nitelleae, se retrouve dans les quatre genres de Chareae. Les nombres extrêmes ($x = 3$ et $x = 11$) sont valables seulement chez les Nitelleae. Les autres sont communs aux deux tribus. Certains genres ne possèdent qu'un seul nombre de base, tels *Lychnothamnus* et *Nitellopsis* ($x = 7$), *Nitella* ($x = 3$). Les autres offrent plusieurs valeurs : *Chara* ($x = 6$, 7 et 8), *Lamprothamnium* ($x = 5$, 7 et 8) et *Tolypella* avec le plus large spectre ($x = 3$, 5, 8 et 11).

L'ensemble des recherches poursuivies et des travaux publiés depuis les années 1960, montre que l'on assiste au cours de cette période à un regain considérable d'intérêt pour les études charologiques, d'une approche souvent difficile en raison de l'originalité de leur mode de vie et de leurs particularités stationnelles. Toutefois, il reste beaucoup de taxons dont l'étude cytologique et caryologique n'a encore pu être menée à terme et de vastes régions qui n'ont jamais été prospectées.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE ET RÉCENTE

BHATNAGAR, S.K., 1983 — The concept of basic chromosome numbers in Charophyta - a review. *Cryptogamie : Algologie*, 4 (1-2) : 111-116, 39 r. b.*

CORILLION, R., 1955 — Les Charophycées de France et d'Europe occidentale. Thèse État Dr. Sciences Toulouse et *Bull. Soc. sci. Bret.*, 1957, 32 (fasc. h.-s.) : 1-499, 259 r. b.

CORILLION, R. et GUERLESQUIN, M., 1959 — Premières observations cytotaxinomiques sur le genre *Tolypella* (Charophycées). *Bull. Soc. Et. sci. Angers*, nlle sér., 2 : 167-170, 6 r. b.

CORILLION, R. et GUERLESQUIN, M., 1972 — Recherches sur les Charophycées d'Afrique occidentale (systématique, écologie et phytogéographie, cytologie). *Bull. Soc. sci. Bret.*, 47 (fasc. h.-s.) : 1-169, 90 r. b.

DAS, R.N. et MAZUMDAR, P.K., 1984 — Chromosome number of *Nitella* from two districts (Purulia et Bankura) of West Bengal. *Abstr. 71st Sess. Indian Sci. Congr.*, Bot., part III, n°32 : 15-16.

GUERLESQUIN, M., 1967 — Recherches caryotypiques et cytotaxinomiques chez les Charophycées. Thèse État Dr. Sciences Toulouse et *Bull. Soc. sci. Bret.*, 1966, 41 (fasc. h.-sér.) : 1-265, 214 r. b.

GUERLESQUIN, M., 1974, 1978 — Nouvelle contribution à l'étude des Charophycées du Maroc occidental. *Trav. R.C.P. 249 C.N.R.S.*, 1974, II : 187-207 et II : 1978, IV : 109-137, 19 r. b.

GUERLESQUIN, M., 1977 — Observations chromosomiques sur les Characées du Sud Tunisien. *Bull. Soc. Phycol. France*, 22 : 60-69, 17 r. b.

HOTCHKISS, A.T., 1966 — A new and revised base chromosome number for the genus *Tolypella*. *Bull. Torrey Bot. Club*, 93 (6) : 426-432, 15 r. b.

* r. b. : références bibliographiques.

KHAN, M., 1982 — Pattern of distribution and speciation in haploid Charophyta. *Abstr. 1st Intern. Phycol. Congress, St John Newfoundland*, a-25 (sous presse), 311 r. b.

KHAN, M. et SARMA, Y.S.R.K., 1981-1982 — Cytogeographic study of Charophyta with particular reference to India. *Recent Advances in Cryptogamic Botany*, Lucknow : 55-81, 25 r. b.

SARMA, Y.S.R.K., 1982 — Chromosome numbers in Algae. *The Nucleus*, 25 (1-2) : 66-108, 407 r. b.

SAWA, T., 1974 — New chromosome numbers for the genus *Tolypella* (Characeae). *Bull. Torrey Bot. Club.* 101 (1) : 21-26, 16 r. b.

SUBRAMANIAN, D., 1983 — Studies on Charophytes from Tamil Nadu. I. Taxonomic enumeration and chromosome counts. *Phykos*, 22 (1 et 2) : 18-22.

WOOD, R.D., 1972 — Characeae of Australia. *Nova Hedwigia*, 22 : 1-120.

WOOD, R.D. et IMAHORI, K., 1965 — A revision of the Characeae. I : Monograph of the Characeae. J. Cramer éd., Weinheim : 904 p., 61 r. b.

(accepté le 18 juillet 1984)

RÉPARTITION DES CHARACÉES DANS LES BRAS MORTS DU HAUT-RHÔNE ET DE L'AIN ET SIGNIFICATION ÉCOLOGIQUE*

C. CASTELLA** et C. AMOROS**

RÉSUMÉ. — Une étude de la végétation aquatique dans 33 bras-morts du Haut-Rhône français et du cours inférieur de l'Ain révèle la présence de Characées dans 17 de ces biotopes. La répartition des Characées est mise en relation avec l'origine de l'eau, la nature du substrat, la profondeur et la végétation phanérogamique associée. Les Characées ne sont présentes que dans les bras-morts alimentés par de l'eau souterraine (para-écoulements fluviaux ou nappes phréatiques) à l'exception d'une part des milieux recevant des eaux usées d'origine anthropique et d'autre part des milieux où les facteurs physiques leur sont défavorables (substrat trop grossier, courants). Les applications de cette relation entre la présence des Characées et l'origine de l'eau sont discutées dans un contexte de gestion écologique des plaines fluviales.

SUMMARY. — The aquatic vegetation has been sampled in 33 old beds of the French upper Rhône river and the lower part of the river Ain. The presence of Characeae occurred in 17 old beds up to 33 sampled. This distribution seems to be connected with the origin of water, bottom feature, depth and associated Phanerogams. Characeae appear only in old beds provided with groundwater (lateral underflow of the stream, phreatic water) except in those receiving human sewage or with unsuitable physical features (coarse substrate, current). This relationship between the presence of Characeae and the origin of the water is discussed within the frame of ecological management of flood plains.

MOTS CLÉS : Characées, écologie, descripteurs, bras morts du Haut-Rhône et de l'Ain.

Cette étude s'insère dans un Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement[1] dont le but est de fournir une aide scientifique à la gestion écologique des grandes plaines fluviales. Dans ce contexte il s'agit de considérer

1. A.S.P. PIREN n° 2 du C.N.R.S.

---

* Communication présentée le 31 mai 1984 au Colloque de la Société Phycologique de France à Angers. — Contribution n° 45 à «Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français».

** LA CNRS 367, Université Claude-Bernard (Lyon I), F - 69622 Villeurbanne Cedex.

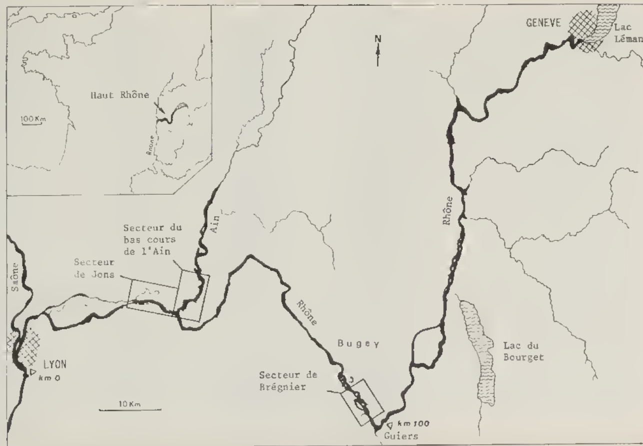


Fig. 1 — Carte de situation

non seulement le cours principal des fleuves mais aussi tous les écosystèmes qui leur sont associés et en particulier les milieux aquatiques abandonnés naturellement ou artificiellement par les fleuves. Une des premières étapes de ce programme consiste à établir une typologie fonctionnelle de ces milieux dont les écosystèmes paraissent très diversifiés. Cette diversité dépend d'une part du degré d'évolution de ces écosystèmes après leur abandon par le cours principal (depuis les stades pionniers jusqu'aux communautés des milieux très atterris ou semi-aquatiques) et d'autre part du type morphologique et du mode de fonctionnement hydrique de ces biotopes (par exemple des anciens méandres recoupés et complètement isolés du fleuve ou bien des bras latéraux encore en communication avec le cours principal).

Les macrophytes aquatiques figurent parmi les éléments de ces écosystèmes pris en compte pour établir cette typologie fonctionnelle. Dans ce but, des relevés de végétation ont été réalisés dans 33 bras-morts de deux secteurs du Haut-Rhône français et dans la plaine inférieure de l'Ain, son affluent (fig. 1). Ces relevés ont été effectués sur des transects espacés régulièrement de 25 m à 100 m suivant la longueur et l'hétérogénéité des bras-morts.

Sur ces 33 biotopes, 17 seulement sont colonisés par des Characées. Existe-t-il une relation entre la distribution de ces macrophytes et les grands types fonctionnels déjà définis par les autres éléments de ces écosystèmes ? Les premières études réalisées sur quelques milieux annexes du Rhône ont en effet mis en évidence l'importance de certaines conditions écologiques; ainsi les relations entre ces biotopes d'eaux stagnantes et le fleuve lui-même jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement de ces écosystèmes (JUGET et al., 1979; RICHARDOT-COULET et al., 1982). L'alimentation par des eaux souterraines de certains de ces bras-morts joue également un rôle important (REYGROBELLET et al., 1981; ROUX, 1982). Les interventions humaines se traduisent aussi par des modifications de la structure de ces écosystèmes, de leur fonctionnement et de leur évolution (AMOROS et al., 1982).

La question qui se pose est de savoir si la distribution des Characées dans les bras-morts du Rhône et de l'Ain peut être expliquée par l'origine de ces milieux ou par leur mode de fonctionnement.

I. — LES BRAS-MORTS DU RHÔNE ET DE L'AIN

Les trois secteurs d'étude (fig. 1) ont été choisis en fonction de leur richesse en bras-morts. La diversité de conditions mésologiques de ces bras-morts apparaît comme une conséquence, d'une part de leur morphogenèse et, d'autre part, de leur degré d'évolution.

1 - Secteur de Brégnier-Cordon (fig. 2)

Ce secteur recouvre la plaine alluviale du Haut-Rhône comprise entre les points-kilométriques 98 et 91[1] à l'aval du confluent du Guiers, à l'extrémité

1. Le point-kilométrique 0 est situé à la confluence Rhône-Saône à Lyon.

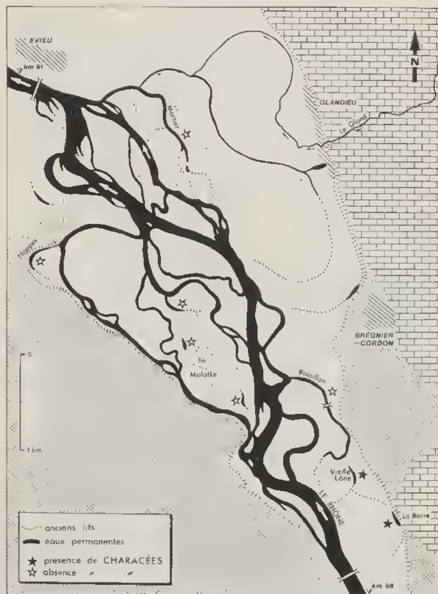


Fig. 2. — Répartition des Characées dans le secteur de Brégnier

méridionale des chaînons calcaires du Jura (Massif du Bugey). En raison de sa forte pente et de l'apport d'alluvions grossiers, le Rhône y développe un modèle d'écoulement de type tressé auquel s'associent latéralement des chenaux d'anastomose (BRAVARD, 1982, 1983). Les chenaux de tressage sont relativement peu profonds et à granulométrie grossière tandis que les chenaux d'anastomose, à convexité bien plus marquée, se révèlent plus profonds et à granulométrie plus fine. Les bras-morts, appelés localement «lônes» ou «mortes» résultent soit de l'abandon par le fleuve de ces chenaux au cours de ses divagations naturelles, soit des interventions humaines comme l'endiguement submersible de 1880-90 destiné à favoriser la navigation; cet endiguement concentre les eaux d'étiage dans un des chenaux de tressage en barrant l'extrémité amont des autres bras.

2 - Secteur de Jons (fig. 3)

Ce secteur, situé à l'aval de la confluence de l'Ain, comprend la plaine alluviale du Haut-Rhône entre les points-kilométriques 34 et 26. Cette partie de la plaine est bordée de formation morainiques d'origine glaciaire. Les bras-morts de ce secteur résultent d'un système fluvial mixte à chenaux tressés et à chenaux méandriques profonds et en forme typique de fer à cheval (BRAVARD, 1982). Comme dans le secteur précédent, l'endiguement du chenal principal est responsable de la création de certains bras-morts.

3 - Secteur du bas-cours de l'Ain (fig. 4)

Cette rivière issue des écoulements karstiques du Jura, développe des trains de méandres qu'elle recoupe puis abandonne. Cette dynamique est particulièrement active dans ce secteur localisé juste en amont de sa confluence avec le Rhône, où les interventions humaines sont limitées à la construction de ponts et de quelques épis de protection de berges. Les divagations latérales de l'Ain se traduisent donc par la coexistence d'un grand nombre de méandres abandonnés à des époques différentes.

Alors que le Rhône a subi de nombreux aménagements (endiguements, barrages) et ne crée donc plus de nouveaux biotopes, l'Ain, non endigué sur son cours inférieur, conserve une dynamique naturelle et crée de nouveaux biotopes dans lesquels peuvent s'installer les communautés pionnières.

II. — LA RÉPARTITION DES CHARACÉES

Sur les trois secteurs d'étude, 33 lônes ont été prospectées; 17 d'entre elles présentent des populations de Characées : 3 genres (*Chara, Nitella, Tolypella*) et 9 espèces différentes ont été déterminées[1].

---

1. La nomenclature adoptée est conforme à celle de CORILLION (1975) pour les Characées, et à celle de la Flora Europea (1964 1980) pour les Phanérogames.



Fig. 3 — Répartition des Characées dans le secteur de Jons

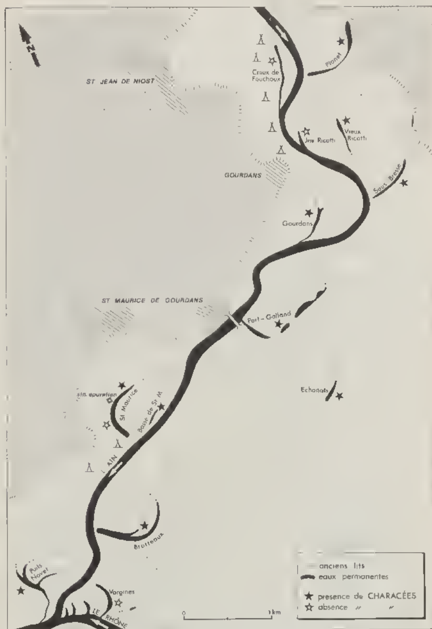


Fig. 4. – Répartition des Characées dans le secteur du bas cours de l'Ain



	GRAND GRAVIER R1	ST. MAURICE DE GOURDANS A	ECHANOTS A	VIOLETTE R1	ILES NOUVELLES R1	VIEUX RICOTTI A	SOUS-BRESSE A	PORT GALLAND A	PLANET A	GOURDANS A	VIEILLE LONE R2	PUITS NOVET A	BROTTEAUX A	MEANT R1	BASSE DE ST. MAURICE A	MORTE DE LA BARRE R2	LONE DES PECHEURS R1
Chara major	XXX	XXX	XXX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XX	XXX							
Nitella tenuissima					XX	XX	XX		XX								
Chara vulgaris							XX	XX				XX	XXX	XX			
Chara globularis									XX	XXX	XX						
Nitella syncarpa													XX				
Nitella confervacea														X			
Tolypella glomerata														XX	XX		
Chara contraria															XX	XXX	
Nitella mucronata																	XX

XXX en tapis dense
XX en petites colonies
X individus dispersés

A Secteur du bas cours de l'Ain
R1 Secteur de Jons
R2 Secteur de Brégnier Cordon

Tableau I. — Répartition des Characées

Le tableau I précise la répartition des taxons observés dans les différents bras-morts.

Chara major apparaît comme l'espèce la plus répandue dans ces milieux; *Nitella syncarpa* et *Nitella confervacea* beaucoup moins fréquentes, ne sont localisées que dans une lône; il faut remarquer la présence d'une espèce précoce, *Tolypella glomerata*, dans deux bras-morts (Lône du Méant, Basse de St Maurice) qui ont fait l'objet de relevés de végétation plus tôt dans l'année; il n'est donc pas exclu que *Tolypella glomerata* puisse également coloniser d'autres milieux au début du printemps.

1 - Aspect de la végétation

Certaines Characées apparaissent sous forme d'épais tapis recouvrant le fond des anciens bras (*Chara major*, *Chara contraria*, *Chara globularis*, *Chara vulgaris*); d'autres forment de petites colonies (*Nitella tenuissima*); d'autres enfin ne sont présentes qu'à l'état dispersé comme *Nitella confervacea*, espèce très discrète, souvent enrobée de fins limons.

Les Characées s'observent soit en peuplement monospécifique, soit en peuplement polyspécifique; toutefois dans ce dernier cas, nous n'avons jamais rencontré plus de deux espèces en présence.

Lorsqu'il s'agit de peuplement monospécifique, le développement est souvent exubérant : c'est le cas de *Chara major* dans les lônes du Grand Gravier, de St Maurice de Gourdans, de Sous-Bresse par exemple, ou de *Chara vulgaris* dans les lônes du Puits Novet ou des Brotteaux (dans sa partie aval).

Plusieurs types de peuplements polyspécifiques ont été observés : *Chara vulgaris* et *Tolypella glomerata* dans la lône du Méant, *Chara vulgaris* et *Nitella syncarpa* dans la zone amont de la lône des Brotteaux, *Chara globularis* et *Chara major* dans la lône de Gourdans, *Chara contraria* et *Tolypella glomerata* dans la Basse de St Maurice.

2 - Relations avec les facteurs du milieu

a) Le courant

Les bras-morts totalement isolés, constituent des milieux d'eau stagnante, alors que ceux encore en communication avec le cours principal présentent des faciès à courant plus ou moins marqué.

Les lônes à fort courant sont exemptes de Characées; CORILLION (1975) a montré que les Characées ne peuvent se développer que dans des eaux à courant très faible (vitesse inférieure à 5-10 m/mn); toutes les espèces ont été trouvées dans des bras-morts d'eau stagnante ou d'eau renouvelée.

b) La physionomie du substrat

L'absence ou la présence de courant et son intensité conditionnent la granulométrie du substrat; la physionomie du fond de ces bras-morts se révèle très variée : fonds à granulométrie grossière (galets, graviers), fonds à granulométrie fine (sable, limon sableux, vase); il est possible d'observer une répartition des Characées en fonction de trois types de substrats (tableau II).

Fine couche de limon sur fond de galets, graviers et sable	Limon sableux	Vase + Limon sableux
Nitella confervacea	*Chara contraria*	*Chara major*
Tolypella glomerata	*Chara vulgaris*	*Chara globularis*
	Nitella mucronata	
	Nitella syncarpa	
	Nitella tenuissima	
	Tolypella glomerata	

Tableau II. — Répartition des Characées en fonction de la physionomie du substrat.

Remarquons l'absence de Characées sur les fonds de galets qui traduisent l'existence de courants.

c) La profondeur

La profondeur de ces bras-morts varie de quelques dizaines de centimètres jusqu'à plusieurs mètres pour certains anciens méandres; les Characées sont localisées à tous les niveaux de profondeur (tableau 3); trois espèces ont été observées dans des milieux de très faible profondeur (*Nitella confervacea*, *Nitella tenuissima*, *Tolypella glomerata*); la majorité des espèces est cantonnée dans des zones allant de 50 à 150 cm; *Chara major* et *Chara globularis* ont été localisées à des profondeurs pouvant atteindre plusieurs mètres.

< 50 cm	50 - 150 cm	> 150 cm
Nitella confervacea	*Chara vulgaris*	*Chara major*
Nitella tenuissima	*Chara contraria*	*Chara globularis*
Tolypella glomerata	*Chara major*	
	Chara globularis	
	Nitella syncarpa	
	Nitella mucronata	

Tableau III. — Répartition des Characées en fonction de la profondeur.

3 - Végétation phanérogamique associée

Les Characées jouent le rôle de végétaux pionniers des milieux aquatiques neufs (CORILLION, 1975); elles contribuent à l'élaboration de sédiments organiques et favorisent ainsi une colonisation secondaire par des phanérogames.

La végétation phanérogamique des bras-morts étant étudiée par ailleurs, il est possible de dégager des groupements végétaux associés aux Characées; le tableau IV présente ces différents types de végétation et les Characées qui leur sont associées.

Dans les zones profondes (> 1,5 m), les phanérogames occupent les strates supérieures de la végétation et laissent ainsi aux Characées la possibilité de se

Groupement à *Potamogeton natans*	Groupement à *Myriophyllum sp.* *Nuphar lutea*	Groupement à *Lemna trisulca* *Callitriche sp.*	Groupement à *Potamogeton coloratus*	Groupement à *Eleocharis acicularis* *Zynichellia palustris*
Chara major *Chara globularis* *Chara contraria* *Nitella mucronata*	*Chara major* *Chara vulgaris* *Nitella syncarpa*	*Chara globularis*	*Nitella tenuissima* *Chara major* *Chara vulgaris*	*Nitella confervacea* *Tolypella glomerata*

Tableau IV. – Place des Characées dans la végétation aquatique des bras morts.

développer dans les strates inférieures; deux groupements de ce type sont les plus représentés dans les bras-morts :

– potamaie : végétation à *Potamogeton natans*

– myriophyllo-nupharaie : végétation à *Myriophyllum spicatum*, *Myriophyllum verticillatum* et *Nuphar lutea*. GUERLESQUIN et MÉRIAUX (1981) citent également ce dernier groupement associé à des Characées dans des milieux aquatiques du Nord de la France.

Dans des milieux moins profonds, les Characées entrent en compétition avec les phanérogames; deux types de végétation occupant des zones de profondeur moyenne, abritent des Characées :

– végétation à *Lemna trisulca* et *Callitriche* sp.

– végétation à *Potamogeton coloratus*.

CARBIENER et KAPP (1981) signalent la présence de Characées dans le groupement à *Potagemon coloratus* de rivières phréatiques du Ried d'Alsace; GUERLESQUIN et PODLEJSKI (1980) remarquent également cette espèce dans des étangs à Characées de Camargue.

Dans le cas de milieux de faible profondeur, il est possible de rencontrer un groupement à *Eleocharis acicularis* et *Zanichellia palustris* comportant des Characées telles *Tolypella glomerata* et *Nitella confervacea*.

III. – DISCUSSION

Les Characées ne sont pas réparties uniformément dans tous les bras-morts du Rhône ou de l'Ain; elles sont localisées essentiellement dans les anciens méandres de l'Ain et dans les bras-morts de la rive droite du Rhône en aval de la confluence avec l'Ain. La répartition spatiale des Characées dans les trois secteurs d'étude est représentée sur les figures 2, 3 et 4. Cette répartition peut être mise en relation avec l'origine de l'eau qui alimente les bras morts; en effet tous les bras-morts colonisés par des Characées sont alimentés par des eaux souterraines. Ces eaux souterraines proviennent soit de nappes phréatiques comme pour la Lône du Grand-Gravier (REYGROBELLET et DOLE, 1982), soit de sous-écoulements fluviaux qui diffusent à travers les sédiments grossiers déposés dans les anciens lits de l'Ain ou du Rhône (JUGET et al., 1979; REY-

GROBELLET et al., 1981), soit d'écoulements karstiques comme ceux du petit massif de Cordon (PELLETIER, 1982) qui alimente la Morte de la Barre et probablement la Vieille Lône de Brégnier. Quelle que soit leur origine, ces eaux souterraines se caractérisent par une forte conductivité et des teneurs en bicarbonates et en calcium élevées.

Cette relation entre la présence de Characées et l'origine souterraine de l'eau est en accord avec les observations de CARBIENER et KAPP (1981) sur les rivières phréatiques du Ried d'Alsace et de GUERLESQUIN et MERIAUX (1981) sur des milieux du Nord de la France alimentés par des nappes souterraines.

L'absence de Characées dans la plupart des bras-morts du Rhône (fig. 2 et 3) semble due au colmatage de ces milieux qui empêche ou réduit considérablement leur alimentation en eau souterraine. Une question demeure cependant : comment expliquer l'absence de Characées dans certains bras-morts de l'Ain pourtant alimentés en eau souterraine ? Deux cas se présentent; dans le premier, il s'agit de milieux récemment abandonnés par le cours principal, dont les fonds de galets témoignent de l'existence de courants encore trop forts pour permettre l'installation de Characées (par exemple «Jeune Ricotti», fig. 4); dans le second il s'agit de milieux recevant des eaux usées d'origine anthropique, c'est le cas du «Creux de Fouchoux» (fig. 4) bordé par un camping sauvage et de la «Lône de St Maurice de Gourdans» (fig. 4) où les Characées disparaissent à l'aval de l'effluent de la station d'épuration.

Les applications de cette relation entre la présence de Characées et l'origine de l'eau nous conduisent à considérer les Characées comme des «descripteurs de fonctionnement» des bras-morts fluviaux suivants le sens précisé par BOURNAUD et AMOROS (1984). En effet, la présence de Characées dans les bras-morts du Rhône ou de l'Ain signifie que ces bras-morts sont alimentés en eau souterraine mais cette signification est valable seulement dans les bras-morts n'étant pas soumis à des courants défavorables à l'installation des Characées ou ne recevant pas d'eaux usées. En d'autre termes, la présence de Characées traduit l'arrivée d'eaux souterraines dans les bras-morts mais leur absence ne signifie pas toujours qu'il n'y a pas d'alimentation souterraine.

Les Characées, macrophytes enracinés donc fixes, constituent un descripteur d'arrivée d'eaux souterraines plus facilement décelable et cartographiable que des éléments faunistiques ou des paramètres physico-chimiques de l'eau.

Les Characées faciliteront donc le repérage de ces milieux oligotrophes de plus en plus rares dans les plaines alluviales des grands cours d'eau; elles contribueront aussi à détecter les zones d'échanges entre milieux aquatiques souterrains et superficiels et donc à déceler les zones de vulnérabilité des nappes phréatiques.

REMERCIEMENTS. — Nous remercions vivement Monsieur le Professeur R. CORILLION et Madame M. GUERLESQUIN pour toute l'aide qu'ils nous ont apportée lors de la détermination des Characées.

Ce travail a été réalisé avec le concours financier du CNRS (A.S.P. PIREN «gestion écologique des ressources en eau»), de la Communauté Européenne et de la Compagnie Nationale du Rhône.

BIBLIOGRAPHIE

AMOROS, C., RICHARDOT-COULET, M., PAUTOU, G., 1982 — Les «ensembles fonctionnels» : des entités écologiques qui traduisent l'évolution de l'hydrosystème en intégrant la géomorphologie et l'anthropisation (exemples du Haut-Rhône français). *Rev. Géogr. Lyon*, 57 (1) : 49-62.

BOURNAUD, M., AMOROS, C., 1984 — Des indicateurs biologiques aux descripteurs de fonctionnement : quelques exemples dans un système fluvial. *Bull. Ecol.* 15 : sous presse.

BRAVARD, J.P., 1982 — A propos de quelques formes fluviales de la vallée du Haut-Rhône français. *Rev. Géogr. Lyon* 51 (1) : 39-48.

BRAVARD, J.P., 1983 — Une auto-capture du Rhône par déversement dans les Basses-Terres du Bas-Dauphiné (Isère, Ain). *Rev. Géogr. Lyon* 58 (4) : 369-381.

CARBIENER, R., KAPP, E., 1981 — La végétation à *Potamogeton coloratus* Vahl, Phytocénose oligotrophe très menacée des rivières phréatiques du Ried d'Alsace. *Ber. Internat. Sympos. Cramer*, Vaduz : 585-600.

CORILLION, R., 1975 — Flore et végétation du Massif Armoricain, T. IV, Flore des Charophytes (Characées) du Massif Armoricain et des contrées voisines d'Europe occidentale. Jouve éd. Paris, 216 p., 16 pl., 18 cartes.

Flora Europea, 1964 - 1980 — Ed. Cambridge Univ. Press, 5 vol.

GUERLESQUIN, M., PODLEJSKI, V., 1980 — Characées et végétaux submergés et flottants associés dans quelques milieux camarguais. *Naturalia monspeliensia* 30 : 1-20.

GUERLESQUIN, M., MERIAUX, J.L., 1981 — Characées et végétation associées des milieux aquatiques du Nord de la France. Coll. Phytosocio. X, Lille 1981 : 415-444.

JUGET, J., YI, B.J., ROUX, C., RICHOUX, P., RICHARDOT-COULET, M., REYGROBELLET, J.L., AMOROS, C., 1979 — Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français. VII. Le complexe hydrographique de la lône des Pêcheurs (un ancien méandre du Rhône). *Schweiz. Z. Hydrol.* 41 (2) : 395-417.

PELLETIER, J., 1982 — Types et zones d'écoulement des eaux dans les plaines et les collines de la région de Morestel, Brégnier-Cordon. Première approche. *Rev. géogr. Lyon* 57 (1) : 3-38.

REYGROBELLET, J.L., MATHIEU, J., GINET, R., GIBERT, J., 1981 — Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français. VIII. Hydrologie de deux stations phréatiques dont l'eau alimente des bras-morts. *Int. J. Spéléol.* 11 : 129-139.

REYGROBELLET, J.L., DOLE, M.J., 1982 — Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français. XVII. Le milieu interstitiel et la «lône du Grand Gravier»; premiers résultats hydrologiques et faunistiques. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 29 (2) : 485-500.

RICHARDOT-COULET, M., AMOROS, C., REYGROBELLET, J.L., ROUX, A.L., 1982 — Diagnose des ensembles fonctionnels aquatiques définis sur le Haut-Rhône français. Application à une cartographie écologique d'un système fluvial. *Eau du Québec* 15 : 146-153.

ROUX, A.L., 1982 (ouvrage collectif publié sous la direction de) — Cartographie polythématique appliquée à la gestion des eaux : étude d'un hydrosystème fluvial : le Haut-Rhône français. Ed. C.N.R.S., Centre région. Publ. Lyon : 115 p.

(accepté le 18 juillet 1984)



Dépôt légal n° 752 - Novembre 1984 - Imp. Vial 91410 Dourdan